Gwerddon

Cyfnodolyn Academaidd Cymraeg

Golygydd: Dr Anwen Jones

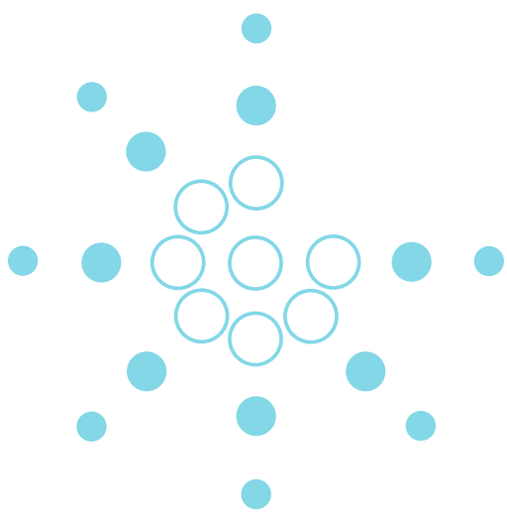
Rhif 20 Hydref 2015 • ISSN 1741-4261 • Golygydd: Dr Anwen Jones

Cyhoeddwyd gyda chymorth: Coleg Cymraeg Cenedlaethol

Gwerddon

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

Golygydd: **Dr Anwen Jones**



Rhif 20 Hydref 2015 • ISSN 1741-4261

Bwrdd Golygyddol

Golygydd:	Dr Anwen Jones, Prifysgol Aberystwyth
Is-Olygydd:	Dr Hywel M. Griffiths, Prifysgol Aberystwyth
Cynorthwywyr Golygyddol:	Mari Fflur, Dr Angharad Watkins a Marian Beech Hughes
Cadeirydd y Bwrdd Golygyddol:	Yr Athro Eleri Pryse, Prifysgol Aberystwyth
Aelodau'r Bwrdd Golygyddol:	Yr Athro Jane Aaron, Prifysgol De Cymru Dr John S. Davies Dr Myfanwy Davies, Prifysgol Bangor Dr Noel A. Davies Yr Athro Arwyn Jones, Prifysgol Caerdydd Yr Athro Carwyn Jones, Prifysgol Metropolitan Caerdydd Dr Hefin Jones, Prifysgol Caerdydd Yr Athro Rhys Jones, Prifysgol Aberystwyth Yr Athro R. Gwynedd Parry, Prifysgol Abertawe Gwerfyl Roberts, Prifysgol Bangor Yr Athro Enlli Thomas, Prifysgol Bangor Wyn Thomas, Prifysgol Bangor Yr Athro Daniel Williams, Prifysgol Abertawe Yr Athro Ioan M. Williams Dr Prysor Williams, Prifysgol Bangor Dr Eryn White, Prifysgol Aberystwyth

E-gyfnodolyn academaidd cyfrwng Cymraeg yw *Gwerddon*. Y mae'n cyhoeddi ymchwil ysgolheigaidd yn y Gwyddorau, y Celfyddydau a'r Dyniaethau. Cyhoeddir *Gwerddon* ar y we o leiaf ddwywaith y flwyddyn. Arfernir cyfraniadau gan arbenigwyr yn y meysydd perthnasol yn y modd arferol. Ceir gwybodaeth lawn am amcanion, polisïau golygyddol, canllawiau i awduron a chanllawiau i arfarnwyr ar y wefan: www.gwerddon.cymru

Cyllidir *Gwerddon* gan y Coleg Cymraeg Cenedlaethol.

Cysylltwch â *Gwerddon* drwy e-bostio gwybodaeth@gwerddon.cymru neu drwy'r post: Gwerddon, Coleg Cymraeg Cenedlaethol, Y Llwyfan, Heol y Coleg, Caerfyrddin, SA31 3EQ.

ISSN 1741-4261

Hawlfraint *Gwerddon*

www.gwerddon.cymru

Cynnwys

Golygyddol 5

Crynodebau 6

Summaries 8

Erthygl 1: Sioned Haf, 'Ynni adnewyddadwy cymunedol:
adolygiad o'r sefyllfa bresennol a phosibiliadau'r sector unigryw hwn' 10

Erthygl 2: Dr Tudur Davies, Lee Garratt a'r Athro Simon Cox
'Rhaniad arwynebedd lleiaf silindr yn dair rhan' 30

Erthygl 3: Lowri Edwards, Dr Anna Bryant a Dr Anwen Mair Jones,
'Canfyddiadau athrawon Addysg Gorfforol ynghylch Addysg Gorfforol
o ansawdd uchel o fewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn ne Cymru' 44

Erthygl 4: Y Parch. Ddr Noel Davies, 'Rôl bôn-gelloedd yn atffurfio meinwe cardiaidd:
gwerthuso triniaethau ac adnabod risg' 61

Cyfranwyr 80

Golygyddol

Mae'r ugeinfed rhifyn hwn o *Gwerddon* yn cyflwyno amrywiaeth o erthyglau mewn meysydd gwahanol gan barhau â thraddodiad y cyfnodolyn o ysgogi a meithrin disgwrs academaidd, trawsddisgyblaethol o'r radd flaenaf. Ceir cyfraniad arbenigol ym maes Mathemateg gan Dr Tudur Davies sy'n archwilio datrysiadau dichonadwy i'r broblem geometregol o rannu silindr yn dair rhan â'r un cyfaint yng nghyd-destun cyflwr egnïol isaf ewyn hylifol sych. Defnyddir meddalwedd efelychu rhifiadol y Surface Evolver i enrhifo'r holl ddatrysiadau a chyfrifo'r arwynebedd ym mhob achos. Mae'r pwnc yn astrus ond ceir trafodaeth sy'n hygyrch i ddarllenwyr lleyg o safbwynt methodoleg ac arddull yr erthygl. Dyma'r tro cyntaf i erthygl a chanddi ogwydd mathemategol cyn gryfed ymddangos yn Gwerddon. Rydym wrth ein bodd o gael cyhoeddi'r cyfraniad arloesol hwn yn hanes y cyfnodolyn ac yn edrych ymlaen at dderbyn rhagor o gyfraniadau tebyg.

Mae cyfraniadau Dr Noel Davies, Sioned Haf a Lowri Edwards yn rhannu ffocws ar les cyffredinol, er eu bod yn ymdrin ag agweddau tra gwahanol ar drafodaeth ehangach am fuddiannau'r unigolyn a chymdeithas o fewn cyd-destun economïau iechyd, diwylliant, addysg ac ecoleg. Aiff erthygl Dr Noel Davies i'r afael â rôl bôn-gelloedd amrywiol mewn proses o adfer therapiwtig yn dilyn trawiad ar y galon. Bydd darllenwyr yn nodi i ni gynnwys geirfa arbenigol i gyd-fynd â'r erthygl hon. Nid dyma arfer *Gwerddon* ond am fod yr erthygl yn darparu trosolwg o ymchwil eang mewn maes tra arbenigol, roedd hi hefyd yn gyfle euraid i gynnig cyfres o dermau perthnasol fel canllaw i ddarllenwyr ac fel adnodd ar gyfer cyfranwyr eraill i'r maes yn y dyfodol. Dilynir trywydd iechyd a lles yn nhrafodaeth Lowri Edwards ar yr angen am ganllawiau priodol ar gyfer darparu Addysg Gorfforol o ansawdd digon uchel i ymateb i heriau'r oes fodern, megis gordewdra ymysg pobl ifainc. Mae cyfraniad Sioned Haf yn ystyried pwysigrwydd a photensial cydbwysedd a thegwch amgylcheddol, cymdeithasol ac economaidd yng nghyd-destun anghenion ynni'r byd modern.

Mae'r arlwy academaidd yn amrywiol, a natur a safon y drafodaeth yn ysgolheigaidd ym mhob achos. Wrth ichi fwynhau'r darllen, da o beth fyddai nodi bod yna beth ffordd i fynd eto cyn y gwreiddir *Gwerddon* yn ymwybyddiaeth ysgolheigaidd ein sefydliadau academaidd. Dengys data dadansoddol nad yw ein prifysgolion yn manteisio ar yr adnodd digymar hwn hyd eithaf eu gallu, ac oni wneir hynny bydd cenhedlaeth o fyfyrwyr yn colli cyfle euraid i ddarganfod, mwynhau a meithrin disgwrs ysgolheigaidd drwy gyfrwng y Gymraeg. Onid prifysgolion Cymru a ddylai fod ar flaen y gad wrth ddatgan gwerth a datblygu hanfodion disgwrs ysgolheigaidd eang yn y Gymraeg? Ymaflwn yn ein rôl arweiniol yn y cyd-destun hwn gan estyn gwahoddiad gwresog i'n cymdeithion ar hyd y daith.

Dr Anwen Jones

Crynodebau

Sioned Haf, 'Ynni adnewyddadwy cymunedol: adolygiad o'r sefyllfa bresennol a phosibiliadau'r sector unigryw hwn'

Mae'r sector ynni adnewyddadwy yn prysur dyfu wrth i wledydd anelu at gyrraedd targedau lleihau allyriadau carbon a sefydlu strategaeth fwy cynaliadwy o greu ynni. Er hyn, dadleuir nad yw datblygiadau ynni adnewyddadwy ar raddfa fawr yn llwyddo i gyfrannu tuag at gynaliadwyedd cymunedol a'r economi lleol. Yn ôl ymchwil ddiweddar, mae prosiectau ynni cymunedol – prosiectau ynni adnewyddadwy sydd wedi eu perchenogi'n rhannol neu'n llawn gan gymuned ddaearyddol benodol – yn cael eu gweld fel ffordd o gynhyrchu ynni mewn modd mwy derbyniol, teg a chynaliadwy. Mae'r erthygl hon yn adolygu'r llenyddiaeth bresennol sy'n trafod manteision y sector ynni cymunedol a'r hyn sy'n llesteirio datblygiadau yn y maes hwn.

Dr Tudur Davies, Lee Garratt a'r Athro Simon Cox 'Rhaniad arwynebedd lleiaf silindr yn dair rhan'

Yn yr erthygl hon, dadansoddir datrysiadau dichonadwy i'r broblem geometrig o rannu silindr yn dair rhan â'r un cyfaint. Darganfyddir y datrysiadau yng nghyd-destun cyflwr egnïol isaf ewyn hylifol sych. Defnyddir y meddalwedd efelychu rhifiadol Surface Evolver er mwyn enrhifo'r holl ddatrysiadau a chyfrifo'r arwynebedd ym mhob achos. Darganfyddir y datrysiad arwynebedd lleiaf ar gyfer holl werthoedd cymhareb agwedd y silindr, sef hyd ei radiws wedi'i rannu â'i uchder. Dangosir mai pedwar datrysiad optimaidd sydd i'r broblem ar gyfer holl werthoedd y gymhareb agwedd. Rhoddir cyfwng ar gyfer cymhareb agwedd y silindr ar gyfer pob un o'r datrysiadau optimaidd.

Lowri Edwards, Dr Anna Bryant a Dr Anwen Mair Jones, 'Canfyddiadau athrawon Addysg Gorfforol ynghylch Addysg Gorfforol o ansawdd uchel o fewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn ne Cymru'

Mewn adroddiad yn 2013, awgrymodd Llywodraeth Cymru fod codi statws Addysg Gorfforol (AG) i fod yn bwnc craidd, fel Cymraeg a Mathemateg, yn hanfodol er mwyn ceisio atal yr epidemig gordewdra presennol. Serch hynny, mae'n rhaid cael gwersi AG o ansawdd uchel er mwyn cael effaith gorfforol gadarnhaol ar ddisgyblion. Mae gan athrawon AG rôl hanfodol wrth weithredu AG o ansawdd uchel, ac felly bydd deall eu canfyddiadau ynghylch AG o ansawdd uchel yn bwysig. Cynhaliwyd cyfweliadau gyda deg o athrawon AG ysgolion cyfrwng Cymraeg de Cymru (saith dyn a thair menyw). Daeth i'r amlwg fod tebygrwydd rhwng theori cyfredol yn y maes a chanfyddiadau'r athrawon, er enghraifft pwysigrwydd creu amgylchedd dysgu cadarnhaol. Fodd bynnag, roedd yna wahaniaethau rhwng y theori a'r ymarfer, er enghraifft dryswch gyda'r term llythrennedd corfforol. Goblygiad yr astudiaeth yw fod angen ymgynghori gydag athrawon AG i lunio polisïau AG o ansawdd uchel. Yn y dyfodol dylid cynnal ymchwil gweithredol i hybu'r term llythrennedd corfforol.

Y Parch. Ddr Noel Davies, 'Rôl bôn-gelloedd yn atffurfio meinwe cardiaidd: gwerthuso triniaethau ac adnabod risg'

Mae'r erthygl hon yn gwerthuso potensial ystod o fôn-gelloedd ar gyfer atffurfio meinwe cardiaidd yn dilyn trawiad ar y galon. Ar sail arolwg cychwynnol o ymchwil perthnasol, cyflwynir rhai o'r prif fecanweithiau biolegol parthed atffurfio meinwe cardiaidd, yn cynnwys:

i. rôl ffactorau trawsgrifio, megis ocsitosin a c-kit a ffactorau twf paracrinaidd;
ii. astudiaethau ar bysgod rhesog sydd wedi datgelu mecanweithiau megis rôl atffurfiannol cardionogen 1-, 2- a 3-, a'u swyddogaeth yn atal effeithiau ffenoteipiau cardiaidd sy'n rheoli datblygiad y galon;
iii. mecanweithiau cludo ac impwreiddio, yn cynnwys fectorau firol a phlasmidol, ysgogiad trydanol a nanodechnoleg.

Adroddir am ganlyniadau arbrofion *in vitro* ac *in vivo* sydd wedi dangos fod i fôn-gelloedd botensial clinigol yn y maes hwn, yn ogystal â pheryglon imiwnolegol a thiwmorigenig. Ar hyn o bryd (2012), er bod y dystiolaeth glinigol yn brin, awgrymir modelau therapiwtig cymhleth i'w datblygu yn y dyfodol.

Summaries

Sioned Haf, 'Renewable community energy: A review of the current situation and future possibilities of this unique sector'

The renewable energy sector is growing as states aim to curtail their carbon emissions and establish a more sustainable strategy to generate energy. Despite this, there are arguments that large-scale renewable energy developments do not contribute towards community sustainability and local economies. According to recent research, community energy projects – renewable energy projects that are part or fully owned by a geographically distinct community – are seen as a means of generating energy in a way that is more sympathetic, equitable and sustainable. This article reviews the current literature that debates the benefits and obstacles facing the community energy sector.

Dr Tudur Davies, Lee Garratt and Professor Simon Cox 'Least area partition of a cylinder into three parts'

In this article, we determine and analyse possible solutions to the problem of partitioning a circular cylinder into three regions of equal volume using the least surface area. The solutions are related to the minimal energy arrangement of films in dry aqueous foam confined in a cylinder. We enumerate the possible solutions and use the numerical simulation software Surface Evolver to calculate the area in each case. We determine the least area configuration for all values of the aspect ratio of the cylinder. We find only four possible optimal solutions, each appropriate over different intervals of the aspect ratio, and give closed form expressions for each one.

Lowri Edwards, Dr Anna Bryant and Dr Anwen Mair Jones, 'Physical Education teachers' perceptions of high-quality Physical Education in Welsh-medium schools across south Wales'

In a report in 2013, the Welsh Government suggested that raising the status of Physical Education (PE) to become a core subject, similar to Welsh and Mathematics, is an essential element in tackling the current obesity epidemic. However, PE lessons must be of a high quality in order to have a positive effect on pupils. PE teachers play a crucial role in delivering high-quality PE lessons; therefore, gaining an understanding of their perceptions about high-quality PE is essential. Interviews were held with ten PE teachers (seven males and three females) from Welsh-medium schools across south Wales. Similarities between the theory and teachers' perceptions were evident, for example the importance of creating a positive learning environment. However, there were differences between the theory and practice, including lack of clarity about the term physical literacy. One implication of the study is the need to consult with PE teachers to design policies for high-quality PE. In the future, action research should be undertaken to promote the term physical literacy.

The Reverend Dr Noel Davies, 'The role of stem cells in cardiac tissue regeneration: evaluating treatments and identifying risk'

This article evaluates the potential of a range of stem cells in cardiac tissue regeneration following a heart attack. Following an initial review of relevant research, some of the main biological mechanisms involved in cardiac tissue regeneration are presented, including:

i. the role of transcription factors, such as oxytocin and c-kit and paracrine transcription factors;
ii. studies on zebra fish that display mechanisms such as the regnerative role of cardionogen 1, 2- and 3- in reversing the effect of induced cardiac phenotypes that normally regulate heart development;
iii. delivery and engraftment mechanisms, including viral and plasmid vectors, electrical stimulation and nantoechnology.

The results of *in vitro* and *in vivo* experiments are reported that have shown the clinical potential of stem cells as well as their immunological and tumorgenic risks. At the time of writing (2012), while the clinical evidence is limited, complex therapeutic models are proposed for future development in the field.

Sioned Haf

Ynni adnewyddadwy cymunedol: adolygiad o'r sefyllfa bresennol a phosibiliadau'r sector unigryw hwn

Gwerddon

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

Golygydd: **Dr Anwen Jones**

Ynni adnewyddadwy cymunedol: adolygiad o'r sefyllfa bresennol a phosibiliadau'r sector unigryw hwn

Sioned Haf

Pwrpas

Bydd yr erthygl hon yn adolygu cyhoeddiadau academaidd rhyngwladol, polisi cyfredol, a sefyllfa gyfoes y sector ynni adnewyddadwy cymunedol yn Ewrop. Bydd y papur yn ymdrin â nifer o fanteision cymdeithasol ac economaidd sy'n nodweddu gweithgaredd y sector hwn ynghyd â'r anawsterau sy'n wynebu cymunedau sydd am sefydlu eu prosiectau ynni lleol eu hunain. Bydd hefyd yn cymharu sefyllfaoedd a photensial posib prosiectau ynni cymunedol o dan systemau datganoledig yng Nghymru a'r Alban.

Cefndir

Erbyn hyn, rydyn ni i gyd yn gyfarwydd â'r argyfwng sy'n deillio o orddefnyddio tanwydd ffosil prin a'r cynnydd mewn allyriadau carbon sy'n cael eu creu yn sgil ei losgi. Mae'r dulliau presennol o gynhyrchu ynni, y tebygolrwydd o newid yn yr hinsawdd ar sail gweithgareddau dynol a'r ansefydlogrwydd ym mhrisiau ynni yn golygu bod angen ateb brys, ond holistaidd, i sicrhau dyfodol ynni cynaliadwy a diogel. Golyga hyn y bydd angen cyfyngu ar y defnydd o danwydd ffosil a thrwy hynny leihau allyriadau carbon. Ymhellach, bydd angen paratoi ar gyfer sgil effeithiau mwyaf eithafol y newid yn yr hinsawdd a sicrhau prisiau ynni fforddiadwy i ddefnyddwyr. Ar ben hyn, mae angen ystyried canllawiau datblygu cynaliadwy o fewn y sector ynni – i sicrhau cydbwysedd a thegwch amgylcheddol, cymdeithasol ac economaidd. Yn syml, system ynni *gynaliadwy* yw'r ddelfryd ar gyfer dyfodol y sector ynni.

Nid delfryd newydd sbon yw'r weledigaeth hon. Mae'n bosib olrhain diddordeb yn y syniad o ynni cynaliadwy yn ôl i argyfwng olew cyntaf 1973 (Lipp, 2007). Oddi ar hynny, mae'r lleihad yng nghronfeydd tanwydd ffosil a'r ansefydlogrwydd ym mherthnasau gwleidyddol y gwledydd sy'n cyflenwi'r tanwydd wedi annog gwladwriaethau i ystyried ynni adnewyddadwy ac isadeiledd ynni cynaliadwy fel modd o ateb gofynion ynni'r dyfodol. Mae gwladwriaethau Ewrop yn benodol wedi eu sbarduno gan dargedau i greu ynni adnewyddadwy a chwtogi ar y defnydd o ynni carbon uchel a bennwyd gan yr Undeb Ewropeaidd (European Commission, 2011).

Mae'r rhan helaethaf o ynni ar gyfer dinasyddion a diwydiannau'r byd yn parhau i gael ei ddarparu drwy losgi tanwydd ffosil. Yn ôl ffigurau rhyngwladol ar gyfer 2012, roedd 85.1% o ynni cyffredinol yn y Deyrnas Unedig (DU) yn cael ei greu gan danwydd ffosil, heb gynnwys ynni niwclear (World Bank, 2012). Yn 2012 dim ond 4.1% o ddefnydd ynni cyffredinol y DU ddaeth o ffynonellau ynni adnewyddadwy (DECC, 2013); targed o 15% yw'r nod gogyfer â 2020. Roedd targedau'r DU wedi anelu at greu 10% o ynni trydanol drwy dechnolegau adnewyddadwy erbyn 2010. Sut bynnag, ni lwyddodd y DU i gyrraedd y nod hwn, gan gynhyrchu 6.5% yn unig o ynni trydanol adnewyddadwy

yn y flwyddyn honno (Renewable Energy Foundation, 2012). Yn 2013 yr oedd 82.9% o ynni trydanol y DU wedi ei greu gan danwydd ffosil, gan gynnwys ynni niwclear (DECC, 2013).

Llosgi tanwydd ffosil sy'n bennaf cyfrifol am allyriadau carbon. Allyriadau carbon, ar ffurf carbon deuocsid (CO_2), yw'r mwyafrif o nwyon tŷ gwydr sydd yn cael eu cynhyrchu (MacKay, 2009). Mae lleihau allyriadau carbon wedi dod yn flaenoriaeth yn y dyhead i leihau nwyon tŷ gwydr yn gyffredinol. Mewn theori, wrth leihau allyriadau CO_2 i atmosffer y byd gellid o leiaf liniaru sgil effeithiau newid yn yr hinsawdd.

Wrth symud tuag at ddefnydd o ynni adnewyddadwy carbon isel, awgrymir bod angen newid radical yn ymddygiad defnyddwyr hefyd – i leihau eu defnydd uchel o ynni (Yadoo et al., 2011). Heb ymyrraeth yn ymddygiad defnyddwyr, mae rhagolygon diweddar wedi dangos y disgwylir i ddefnydd ynni yn y DU gynyddu yn hytrach na lleihau (Kellet, 2007). Er gwaethaf y rhagolygon hyn, mae ystadegau diweddar hefyd wedi dangos lleihad yn y defnydd o nwy a thrydan yng Nghymru er 2005 – er y tybir bod hyn oherwydd y dirywiad economaidd yn hytrach nag ymdrech weithredol i ysbrydoli newid mewn agweddau tuag at ddefnyddio ynni (Llywodraeth Cymru, 2013). Mae cynhyrchu ynni 'di-garbon' (ynghyd ag ynni adnewyddadwy) yn cael ei gyfrif yn bwysig yn ystod y cyfnod disgwyliedig o drawsnewid yn y dulliau o gynhyrchu ynni. Gwêl rhai mai ynni niwclear yw'r dull mwyaf addas o greu ynni di-garbon yn ystod y cyfnod dros dro hwn, er gwaethaf pryderon ynglŷn â diogelwch y dechnoleg a'i sgil effeithiau ar gymunedau'r dyfodol (MacKay, 2009). Ar y llaw arall, dadleuir bod ynni niwclear yn cael ei weld fel *panacea* i'r argyfwng ynni disgwyliedig a bod buddsoddi yn y dechnoleg yn amharu ar ddatblygiad ynni adnewyddadwy amgen (PAWB, 2012). Mae dadleuon i'r gwrthwyneb yn hawlio bod technoleg niwclear ddatblygedig yn golygu bod y sector yn ddiogel ac yn fwy ymarferol. Mae cipio carbon (*carbon capture*) yn dechnoleg sydd hefyd yn cael ei hystyried yn bwysig i leihau allyriadau, er bod safleoedd priodol i ddatblygu'r dechnoleg yng Nghymru yn brin. Er yr opsiynau niferus, mae yna begynu barn ynghylch pa gymysgedd o dechnolegau cynhyrchu ynni fydd fwyaf addas i'w mabwysiadu er mwyn cynorthwyo'r trawsnewid i sector ynni carbon isel, ac yn y pen draw i ynni adnewyddadwy a chynaliadwy (MacKay, 2009).

Tua diwedd y 1980au, preifateiddiwyd gwasanaethau ynni ac isadeiledd y DU, ac mae dylanwad mawr y cwmnïau ynni sefydledig dros y sector wedi parhau ers hynny (Walker et al., 2010). Datblygwyd sector ynni oedd wedi ei ganoli, gyda gorsafoedd pŵer mawr, canolog yn norm. Normaleiddiwyd hefyd y cysyniad fod pwerdai mawr yn ddeniadol ac yn well, gan eu bod wedi eu hadeiladu ymhell o ardaloedd poblog (Warren a McFadyen, 2010). Cyhuddwyd y system hon o fod yn orddibynnol ar ddarbodion maint (*economies of scale*) yn y farchnad ynni, a beirniadwyd ei sgil effeithiau negyddol ar systemau amgylcheddol a dynol (International Institute for Industrial Environmental Economics, 2009). Canlyniad canoli a dieithrio systemau a chyflenwyr ynni oddi wrth y defnyddwyr oedd creu pellter seicolegol rhwng pobl a chynhyrchu ynni (Warren a McFadyen, 2010). Gall pellter seicolegol o'r fath achosi sawl rhwystr i ddatblygiad y sector ynni adnewyddadwy. Magwyd cymdeithas sydd wedi arfer â'r pellter rhyngddi hi a'i ffynhonnell ynni. Nid yw'n syndod felly mai ychydig iawn o ddiddordeb sydd gan ddefnyddwyr yn nharddiad ac isadeiledd sector sy'n cael ei ystyried fel 'gwasanaeth'

(Kellet, 2007). Mae Rogers et al. (2012) yn dadlau bod hyn wedi arwain at ddefnydd anymwybodol o ynni – sy'n rhwystr os ydym am feithrin sector ynni a chymdeithas garbon-isel a chynaliadwy.

Awgrymir bod prosiectau ynni adnewyddadwy (ynghyd â phrosiectau ynni sydd wedi eu datblygu'n gymunedol) yn herio'r *status quo* yma, gan ddod â phobl a chymunedau yn agosach at y dechnoleg sy'n creu ynni ac i well dealltwriaeth o faterion ynni (Rogers et al., 2012). Mae'r adnoddau naturiol sydd eu hangen i greu ynni adnewyddadwy yn dueddol o fod ar wasgar dros ardaloedd eang yn hytrach nag wedi eu crynhoi mewn un safle daearyddol. O ganlyniad, mae angen i'r dechnoleg sy'n gallu harneisio'r adnoddau naturiol hyn, megis gwynt, dŵr a haul, hefyd fod yn wasgaredig yn y safleoedd hyn. Mae ffermydd gwynt modern wedi eu lleoli yn bennaf mewn ardaloedd gwledig (Munday et al., 2011), ac mae'r newid yn lleoliad technolegau ynni wedi arwain at yr hyn mae Kellet wedi ei ddisgrifio fel addasiad yn natur y galw a'r cyflenwi (2007). Yn y dyfodol, mae'n bosib y bydd anghenion ynni uchel ardaloedd trefol yn cael eu cyflenwi gan ardaloedd gwledig (Kellet, 2007). Er mai pwerdai wedi eu canoli oedd yn cyflenwi'r ynni hwn yn y gorffennol, bydd trawsnewid i gynhyrchu ynni adnewyddadwy yn golygu mai ardaloedd gwledig fydd lleoliad cynhyrchu ynni'r dyfodol, ac y bydd trigolion ardaloedd gwledig felly'n byw'n agosach at eu ffynhonnell ynni. Efallai na fydd ardaloedd trefol yn fodlon goddef goblygiadau amgylcheddol y datblygiadau hyn mewn cynhyrchu ynni o fewn eu hardal eu hunain, yn wahanol i boblogaethau, tirwedd a chynefinoedd gwledig (Kellet, 2007). Er hyn, mae datblygiadau o'r fath eisoes ar droed yn rhai o ardaloedd trefol y DU, gan gynnwys Morlyn Llanw Bae Abertawe, a gwelwyd cynnydd cyffredinol yn nifer y paneli solar sy'n cael eu gosod ar dai mewn trefi yn ogystal â rhai yng nghefn gwlad. Felly, mae'n bosib y bydd cymunedau trefol a gwledig yn cael eu heffeithio gan y datblygiadau presennol yn y system o greu a darparu ynni. Yn ôl casgliadau ymchwil a gynhaliwyd yng Nghanada, mae cymunedau gwledig yn gallu bod yn fwy *cefnogol* i ddatblygiadau o'r fath. Dangosodd yr ymchwil hon mai'r cymunedau lleiaf a'r rhai mwyaf gwledig yw'r rhai mwyaf tebygol o gofleidio a mabwysiadu systemau ynni adnewyddadwy sydd wedi eu dosrannu mewn sawl ardal (St Denis a Parker, 2009).

Ar hyn o bryd, ymddengys fod cryn gefnogaeth i dechnoleg ynni adnewyddadwy. Dangosodd arolwg yng ngwledydd Prydain yn 2006 fod cefnogaeth eang iawn i ynni adnewyddadwy, gydag ucheldiroedd ac ynysoedd yr Alban yn dangos y mwyaf o gefnogaeth (Warren a McFadyen, 2010). Ym mis Gorffennaf 2012 darganfu ymchwil gan yr Adran Ynni a Newid Hinsawdd (DECC) fod 79% o bobl yn gefnogol i ynni adnewyddadwy a bod 78% yn grediniol y dylai datblygiadau o'r fath fod o fudd i'r cymunedau lle cânt eu lleoli (Co-operative Group and Co-operatives UK, 2012). Dangosodd astudiaeth ddiweddar a gynhaliwyd gan ymchwilwyr ym Mhrifysgol Bangor ar ran y grŵp ymgyrchu gwrth niwclear PAWB fod 74% o boblogaeth Ynys Môn a'r ardal gyfagos yn cefnogi ynni adnewyddadwy; 24% yn unig oedd yn gefnogol i ynni niwclear yn yr un ardal (PAWB, 2012). Oherwydd y lefel uchel hon o gefnogaeth, mae yna botensial mawr i'r sector ynni adnewyddadwy ddatblygu. Er hyn, fel y crybwyllwyd eisoes, nid yw targedau ynni adnewyddadwy yn cael eu cyrraedd. Mae hyn yn cael ei briodoli gan rai i *inertia* gwleidyddol, technolegol, economaidd, ariannol a chymdeithasol (Jefferson, 2008). Ffactor arall sydd o bosib yn cyfrannu at hyn yw'r

ansicrwydd ynghylch sut y gall technoleg ynni adnewyddadwy ac isadeiledd ynni'r dyfodol weithio yn economaidd, yn drefniadol ac yn wleidyddol (Möller et al., 2012). Diddorol fydd gweld beth fydd y posibiliadau o ran goresgyn heriau isadeiledd y sector ynni adnewyddadwy o safbwynt Cymreig – pwnc sydd angen ymchwil benodol.

Mae yna gydnabyddiaeth eang y gallai datblygu systemau ynni adnewyddadwy gyflawni targedau polisi amgen, gan gynnwys targedau diwydiannol, cynhyrchu, cyflogaeth a chymdeithasol – meysydd a all gael effaith gadarnhaol ar yr economi (Lipp, 2007). Ymhellach, mae ymchwil yn awgrymu bod prosiectau ynni *cymunedol* yn fwy derbyniol i'r cyhoedd na phrosiectau mawr, o'r brig i'r bôn (Rogers et al., 2008; Walker a Devine-Wright, 2008).

Y gymuned ac ynni adnewyddadwy cymunedol

Mae ynni cymunedol yn gangen o fewn y sector ynni adnewyddadwy sydd yn ennyn diddordeb cynyddol. Gellir priodoli'r cynnydd mewn diddordeb ymysg cylchoedd academaidd, llywodraethol a chyhoeddus i'r dybiaeth fod ystod o fanteision cymdeithasol buddiol yn deillio o'r sector ynni cymunedol (Rogers et al., 2012). Yn wir, mae hanes hir o gefnogaeth i'r sector hwn (Walker, 2008) ac mae ymchwil ddiweddar yn dangos ei fod yn sector sydd hefyd yn tyfu (Seyfang et al., 2012).

Yng nghyd-destun cynhyrchu ynni, awgrymwyd bod y termau `lleol' a `cymunedol' wedi ymddangos ar lefel llywodraeth y DU ym Mhapur Gwyn 2003 (Walker et al., 2010). Ers hynny, gwelwyd cefnogaeth fyd-eang i hyrwyddo cydweithio cymunedol yn ystod y trawsnewidiad i ddefnyddio systemau ynni adnewyddadwy a chynaliadwy (Bristow et al., 2012). Mae diddordeb cynyddol y llywodraeth yn y maes hwn wedi ei briodoli i fanteision ymarferol ynni datganoledig, a'r `*neo-communitarian discourses of local participation and empowerment*' (Warren a McFadyen, 2010: 205). Os oes manteision amlwg i'r gymuned, awgrymir bod y model hwn o gynhyrchu ynni yn fwy derbyniol na modelau traddodiadol, o'r brig i'r bôn (Kellet, 2007). Gwelir ynni cymunedol fel ffurf ddosranedig (yn hytrach na chanolog) ar gynhyrchu ynni. Mae ynni'n cael ei greu yn lleol ac ar lefel fechan, yn hytrach nag mewn pwerdai canolog neu mewn pocedi canolog o gynhyrchu ynni adnewyddadwy gan fentrau preifat.

Mae'r cymhelliad ar gyfer prosiectau cymunedol yn amrywio, ac yn cynnwys yr awydd i adfywio cymunedau, sicrhau incwm lleol drwy reolaeth leol, ynghyd ag ymrwymiad amgylcheddol a moesegol (Walker, 2008). Mewn prosiectau `o'r gwaelod i fyny' mae'n bosib sicrhau ystod o fanteision na ellir eu cael o angenrheidrwydd mewn achosion masnachol neu gorfforaethol (Toke, 2005). Gall cynlluniau cymunedol fod yn fwy cynhwysol o ran ymgorffori syniadau aelodau'r gymuned, ac ar yr un pryd ddenu'r aelodau hyn i gael dealltwriaeth ehangach o ddulliau cynhyrchu, trosglwyddo a defnyddio ynni (St Denis a Parker, 2009).

Ymhellach, awgrymir bod gofynion datblygu cynaliadwy yn cael eu cyflawni trwy brosiectau ynni cymunedol – yn benodol, elfennau economaidd a chymdeithasol y theori (Hain et al., 2005). Nid y dyhead amgylcheddol i gynhyrchu ynni cynaliadwy a lleihau allyriadau carbon yn unig sy'n cael ei gyflawni trwy gynlluniau ynni cymunedol. Awgrymir bod y sector ynni cymunedol yn atgyfnerthu economi'r DU mewn modd cost effeithiol drwy gyfrannu tuag at swm yr ynni adnewyddadwy a gynhyrchir, ond gan

ddangos parch hefyd tuag at fudd cymdeithasol ac economaidd cymunedau (Co-operative Group and Co-operatives UK, 2012). Yn ogystal â chyfrannu at dargedau ynni adnewyddadwy, awgrymir hefyd y gellir newid agweddau defnyddwyr tuag at ddefnyddio ynni yn ogystal â lleihau nifer y bobl sydd yn dioddef o dlodi tanwydd (Yadoo et al., 2011). Awgrymir hyn hefyd gan Kellet, sy'n tynnu sylw at y ffaith fod prosiectau ynni cymunedol yn datblygu sgiliau penderfynu ar lefel gymunedol ac yn anelu at ymdrin â thlodi tanwydd, iechyd a materion cymdeithasol eraill (Kellet, 2007). Ceir hefyd fanteision anweledig i grwpiau ynni adnewyddadwy cymunedol, gan gynnwys ysgogi cefnogaeth gymunedol i dechnolegau a systemau ynni adnewyddadwy, yn ogystal â datblygu dealltwriaeth o'r cysyniad o gyfrifoldeb cymdeithasol (Walker a Devine-Wright, 2008). Gall y broses o weithio fel rhan o gymuned ac ar ran cymuned hefyd arwain at fwy o ymddiriedaeth mewn ynni adnewyddadwy, ymdeimlad sy'n dod o'r bôn i'r brig yn hytrach na chael ei orfodi (Walker et al., 2010). Mae dealltwriaeth o dechnoleg ynni adnewyddadwy yn cael ei ffurfio yn bennaf drwy ryngweithio cymdeithasol a chysylltiadau personol, ac fe all prosiectau sydd wedi eu gwreiddio yn y gymuned fod yn werthfawr o ran lledaenu arferion cynaliadwyedd (Rogers et al., 2012).

Ceir sawl diffiniad o gymuned, ond yn gyffredinol gellir diffinio cymuned fel grŵp o bobl sy'n gysylltiedig drwy ddaearyddiaeth, diddordebau tebyg, hunaniaeth a/neu werthoedd tebyg. Gwelir cymunedau fel llwyfan addas lle gellir mynd i'r afael â sawl mater yn ymwneud â chynaliadwyedd, ac mae hyn yn cael ei adlewyrchu yn y fethodoleg a ddefnyddir gan lywodraethau i hyrwyddo datblygu cynaliadwy o fewn cymunedau (Rae a Bradley, 2012). Mae'r diffiniadau o brosiectau ynni cymunedol hefyd yn amrywio, a hynny yn ôl natur y fenter. Gall y rhain amrywio o gynhyrchu ynni adnewyddadwy lleol, cynhyrchu ynni micro-gymunedol (ar adeiladau cymunedol neu dai preifat), ac ymgyrchoedd i newid agweddau (Seyfang et al., 2012).

Tybir bod mentrau ynni adnewyddadwy o'r brig i'r bôn yn llai effeithiol na mentrau o'r bôn i'r brig o ran sicrhau manteision ymarferol i'r gymuned (Toke, 2005). Ymhellach, os nad yw'r gymuned yn rhan o'r cynlluniau, gall hynny arwain at golli 'effaith catalytig' ymrwymiad cymunedol (Walker a Devine-Wright, 2008). Hefyd, awgrymwyd bod prosiectau ynni mawr yn achosi problemau i reolaeth y rhwydwaith trydan – y grid cenedlaethol. Hawliwyd bod prosiectau llai sydd mewn perchenogaeth gymunedol yn gallu osgoi problemau o'r fath (Walker, 2008).

Yn yr ymchwil a gyhoeddwyd ar ynni cymunedol, mae sylw penodol yn cael ei roi i rôl 'hwyluswyr' sy'n cefnogi'r cymunedau. Fe'u gwelwyd fel elfennau pwysig yn y gwaith o hybu cymunedau, gan annog cefnogaeth i ynni adnewyddadwy, yn ogystal â hwyluso cymunedau i ddatblygu eu cynlluniau ynni cymunedol eu hunain (Bomberg a McEwen, 2012). Mae Yadoo et al. (2011) hefyd yn canolbwyntio ar rôl hwyluswyr, gan awgrymu y gall yr arweiniad a'r hwyluso a gynigiwyd gan fentor mewn astudiaeth achos o Nepal fod yn fodel buddiol i systemau yn y DU. Mae'r ymchwil hon yn awgrymu bod mentora a chymorth arbenigol yn hwyluso llwyddiant prosiect ynni cymunedol. Er hynny, mae'r ymchwilwyr yn cydnabod bod diffyg cefnogaeth uniongyrchol i'r cynlluniau hyn yn y DU ar hyn o bryd a bod yn rhaid i aelodau cymunedau sydd am sicrhau grantiau a chynlluniau ar dariff gwahanol wneud hynny ar eu pennau eu hunain neu â'r lleiafswm

o gymorth allanol (Yadoo et al., 2011: 6404). Mae mudiadau fel Trefi Trawsnewidiol, sydd yn canolbwyntio ar greu cymunedau hyfyw, carbon isel, yn chwarae rhan bwysig yn y gwaith o rymuso cymunedau i greu strategaethau cynaliadwy, gan gynnwys datblygu prosiectau ynni cymunedol (Transition Towns, 2014). Maent yn cael eu cynnwys, ynghyd â mudiadau a chyrff eraill, fel hwyluswyr yn y maes (Seyfang et al., 2012).

Thema arall sy'n codi yn y gwaith ymchwil yw awtonomi ynni, neu ymreolaeth ynni – term sy'n disgrifio gallu ardal neu ranbarth arbennig i osgoi mewnforio ynni yn gyfan gwbl, gan ganiatáu iddynt fodoli yn annibynnol (Rae a Bradley, 2012). Mae'r term hwn yn gymharol newydd i'r maes ac yn ddefnyddiol i ddiffinio gallu ardaloedd anghysbell a'r cymunedau maent yn eu cynnal i fod yn annibynnol o ran defnydd ynni. Cydnabyddir bod ynysoedd ac ardaloedd gwledig, diarfordd, yn enghreifftiau all amlygu'r heriau a'r cyfleoedd posibl sy'n codi yn sgil ymreolaeth ynni. Mae'n edrych yn debyg mai yn yr ardaloedd hyn y mae cydweithio cymunedol ar ei uchaf. Yn ôl ymchwil St Denis a Parker, roedd lefelau cyfranogiad cymunedol yng Nghanada ar ei uchaf ymysg cymunedau mwyaf gwledig gogledd y wlad. Yn ôl yr ymchwilwyr, roedd hyn oherwydd natur gynhenid gynhwysol a chymdeithasol yr ardaloedd gwledig hyn (St Denis a Parker, 2009). Er hyn, mae enghreifftiau cyfoes sy'n dangos bod cymunedau trefol hefyd yn ceisio sefydlu prosiectau i gynhyrchu a darparu ynni adnewyddadwy o fewn dinasoedd (ac yn llwyddo i wneud hynny), fel 'Brixton Energy' yn Llundain (Brixton Energy, 2014). Mae mudiad Trefi Trawsnewidiol hefyd yn bodoli o fewn ardaloedd trefol, sydd eto'n awgrymu bod gan ardaloedd trefol y gallu i greu eu hawtonomi ynni eu hunain. Mae'n debyg, felly, y gall prosiectau ynni cymunedol lwyddo mewn ardaloedd gwledig a rhai trefol.

Perchenogaeth ac ynni cymunedol

Dadleuodd Walker a Devine-Wright (2008) fod cymunedau yn ymddiddori yn nhrefniant a rheolaeth prosiect ond eu bod yn pryderu llai ynghylch *pa* dechnoleg a ddefnyddir er mwyn creu ynni adnewyddadwy. Mae cymunedau'n pryderu ynglŷn â *phwy* yw datblygwyr a gweinyddwr y prosiect a *buddiannau*'r prosiect (Walker a Devine-Wright, 2008). Mae'n ymddangos bod yna rywfaint o sensitifrwydd yn datblygu (yn benodol gyda datblygiadau ynni gwynt mewn ardaloedd gwledig) ynghylch dosbarthiad anghyfartal y manteision economaidd a chostau trefniadol ynni adnewyddadwy (Munday et al., 2011).

Mae hyn yn arwain at thema arall yn yr ymchwil a ddarllenwyd, sef perchenogaeth. Yn ogystal â chynnig cyfiawnder wrth rannu elw, awgrymir ei bod yn haws cael cymeradwyaeth yn y camau cynllunio a bod mwy o gefnogaeth leol i brosiectau sydd wedi eu perchenogi'n lleol (Rogers et al., 2008; Warren a McFadyen, 2010). Gwelwyd enghraifft o gynllun ynni mawr yn ceisio manteisio ar berchenogaeth gymunedol yn 2013 gyda datblygiad Morlyn Llanw Bae Abertawe. Cynigiwyd canran o'r cyfranddaliadau i drigolion lleol – er bod y diffiniad o'r gair 'lleol' yn ddadleuol, gan gwmpasu trigolion hyd at ddinas Bryste (Tidal Lagoon Swansea Bay, 2014).

Mae 80% o brosiectau ynni gwynt Denmarc wedi eu perchenogi drwy fathau gwahanol o bartneriaethau cymunedol sy'n ganlyniad gweithredu polisi a fframweithiau deddfwriaethol (Kellet, 2007). Mae'r ymdeimlad hwn o berchenogaeth yn arf dylanwadol sydd wedi cymell datblygiadau ynni adnewyddadwy pellach yn Denmarc,

rhai sy'n defnyddio offer cynhyrchu ar raddfa fawr sydd yn ddadleuol o fewn y wlad (Rae a Bradley, 2012). Dogfennwyd cydberthynas arwyddocaol rhwng perchenogaeth a chefnogaeth i ynni gwynt mewn astudiaeth achos yn ne-orllewin yr Alban. Yn yr achos hwn, awgrymodd Warren a McFadyen (2010) y gall newid ym mhatrwm perchenogaeth prosiectau ynni adnewyddadwy arwain at gynnydd yn y gefnogaeth i ynni adnewyddadwy yn ei gyfanrwydd. Mae hyn yn fwy tebygol os yw cynlluniau'r dyfodol yn cael eu perchenogi gan gymunedau lleol. Mae'r canfyddiad hwn yn adleisio ymchwil a wnaed ym Mhrifysgol Bangor ac sy'n dangos canlyniadau tebyg yng ngogledd-orllewin Cymru, lle mae perthynas wedi ei darganfod rhwng perchenogaeth leol ar brosiect a chefnogaeth i ynni adnewyddadwy (Hughes, 2008). Felly, awgrymir y gall ymrwymiad lleol (i raddau gwahanol) feithrin cefnogaeth gyffredinol i gynlluniau ynni adnewyddadwy, a chael yr effaith gatalytig o godi ymwybyddiaeth o fewn y gymuned am faterion cynaliadwyedd ehangach. Wrth ystyried gwrthwynebiadau i sawl prosiect ynni adnewyddadwy ar raddfa fawr, awgrymir bod angen i'r DU sicrhau mwy o ymrwymiad gan randdeiliaid ar lefel leol (Rae a Bradley, 2012). Mae astudiaeth achos gan Walker et al. (2010) hefyd yn dangos bod yna barodrwydd o fewn prosiectau sydd dan berchenogaeth gymunedol i ddatblygu mwy o gynlluniau ynni adnewyddadwy yn sgil llwyddiannau blaenorol. Cefnogir y sylw hwn gan arolwg diweddar o grwpiau ynni cymunedol gan Seyfang et al. (2013), sy'n dangos bod hanner y grwpiau ynni cymunedol yn yr arolwg yn cynllunio i ddatblygu prosiectau ynni pellach.

Mae patrymau perchenogaeth prosiectau ynni cymunedol yn amrywio, ac mae Walker a Devine-Wright (2008) yn diffinio rhai o'r patrymau hyn: grwpiau sy'n amrywio o grwpiau elusennol heb ddiddordeb masnachol i'r rheiny sydd â chymhelliant ariannol clir. Cynigiwyd diffiniad diweddar mwy cyflawn o nodweddion perchenogaeth gymunedol gan Seyfang et al. (2012: 7):

> A wide variety of different types of community groups are involved with community energy, including local civil society groups focusing on climate change, low carbon activities and general sustainability issues, e.g. Transition Towns; renewable energy cooperatives, community interest companies and partnerships; related non-energy groups e.g. local conservation or allotment groups; local branches of national campaigns e.g. 10:10; groups or organisations who own or manage (or build) community buildings, such as church or faith groups, schools and colleges, village halls, social clubs, social housing; statutory and non-statutory councils below the district level e.g. parish or town councils; Community Development Trusts and Community Associations; projects set up by local authorities but mainly run by local communities e.g. Local Agenda 21 groups; and partnerships with public organisations with relatively strong community leadership.

Gellir awgrymu bod yr amrywiaeth hwn mewn lefelau perchenogaeth gymunedol ar brosiectau ynni lleol yn caniatáu mwy o hyblygrwydd wrth deilwra modelau ar gyfer sefyllfaoedd penodol. Maent hefyd yn cymharu'n ffafriol â datblygiadau mentrau preifat neu rai gan y llywodraeth oherwydd eu bod yn cael eu gweld yn fwy dibynadwy (Rogers et al., 2012). Er hyn, os nad yw'r prosiect o fudd i'r gymuned yn y pen draw, er iddo gael ei labelu fel prosiect cymunedol, mae `rhywbeth' arwyddocaol yn cael ei golli (Walker a Devine-Wright, 2008).

Dadleuwyd bod taliadau cymunedol – pecynnau o fuddion cymunedol gan gwmnïau ynni adnewyddadwy mawr – yn enghraifft o ddatblygiadau sy'n colli'r 'rhywbeth' yma. Taliadau yw'r rhain sy'n cael eu gwneud gan gwmnïau ynni i gymunedau lle mae technolegau adnewyddadwy yn cael eu rhoi ar waith. Nid oes statud gorfodol sydd yn ei wneud yn anghenraid i brosiectau gyfrannu pecyn o fuddion cymunedol (Munday et al., 2011). Er hynny, mae grwpiau ynni gwynt yng Nghymru wedi arwyddo datganiad (a gefnogwyd gan Lywodraeth Cymru) sy'n addo ystyried buddion cymunedol yn eu prosiectau, yn ariannol, yn ddiwylliannol, yn economaidd ac yn gymdeithasol (West Coast Energy, 2013). Nid yw'r ymrwymiad hwn yn orfodol, serch hynny.

Mae tystiolaeth yn dangos bod y manteision a dderbynnir yn sgil cytundebau o'r fath yn llawer llai na'r buddion a derbynnir drwy brosiectau a berchenogir yn *llawn* gan gymuned. Amlygwyd hyn mewn astudiaeth gymharol o fferm wynt gymunedol a ffermydd gwynt preifat yn ne-orllewin yr Alban. Mae astudiaeth Warren a McFadyen (2010) yn cymharu datblygiad fferm wynt gymunedol ar Ynys Gigha (oddi ar arfordir penrhyn Kintyre yn Argyll) â thair fferm wynt oedd wedi eu datblygu gan Scottish Power, Powergen a Scottish and Southern Electricity ar y tir mawr. Tri thyrbin 30 metr o uchder sydd ar Ynys Gigha, a chapasiti o 0.7MW. Dros y môr ar benrhyn Kintyre, mae'r 70 tyrbin gwynt sy'n eiddo i'r cwmnïau uchod yn amrywiol eu maint (rhwng 75 a 100 m o uchder), â'r gallu i gynhyrchu 58.6MW rhyngddynt. Roedd y fferm gymunedol ar Gigha yn derbyn elw net blynyddol o £85,000 y flwyddyn at ddefnydd cymuned yr ynys, tra oedd y tair fferm wynt breifat ar benrhyn Kintyre yn darparu pecyn o fuddion cymunedol rhyngddynt oedd yn werth £26,000 y flwyddyn yn 2005 i'r gymuned ddaearyddol gyfagos. Golyga hyn fod y gymuned yn Kintyre yn derbyn £369 oddi wrth bob un o'r 70 tyrbin gwynt preifat o gymharu gyda thros £28,000 gan bob un tyrbin ar Ynys Gigha. Mae'r cyferbyniad hwn yn amlygu'r potensial i gymunedau elwa mwy drwy gael perchenogaeth lawn (Warren a McFadyen, 2010). Hefyd, mae problemau'n codi wrth ganiatáu i fentrau masnachol benderfynu ar faint buddion cymunedol a sut i'w dosbarthu. Barn un a gafodd ei gyfweld ar gyfer astudiaeth achos yng Ngheredigion oedd fod cynlluniau o'r fath yn gallu creu rhwygiadau a dirymu cymunedau lleol (Bristow et al., 2012), gan y gall dosbarthu'r buddion fod yn broblematig. Dangosodd astudiaeth achos ym Moel Moelogan yng ngogledd Cymru na chyrhaeddodd y buddion ariannol y gymuned yn y pen draw, er gwaethaf perchenogaeth leol. Mae'n ymddangos mai'r ffermwr a oedd yn berchen y tir oedd yr unig un a elwodd o'r prosiect (Walker et al., 2010). Cymharol ychydig o sylw sydd wedi ei roi i'r ffyrdd y mae datblygwyr ynni, fel buddsoddwyr ym maes ynni adnewyddadwy, yn meithrin cefnogaeth i'w prosiectau o fewn yr ardal leol (Bristow et al., 2012).

Potensial a gallu'r sector

Mae'n ymddangos bod potensial mawr i allu cynlluniau ynni cymunedol i chwarae rôl arwyddocaol ym maes cynhyrchu ynni adnewyddadwy. Er bod datblygiadau ynni adnewyddadwy hyd yma yn dueddol o gael eu monopoleiddio gan ddatblygwyr mawr, mae'n bosib y gall yr arfer hwn newid, gan ganiatáu lle i ragor o brosiectau sydd wedi eu perchenogi gan y gymuned (Walker, 2008). Mae deilliannau buddiol eraill yn berthnasol i ynni cymunedol a allai fod yn werthfawr o ran ymateb i faterion economaidd-gymdeithasol (Seyfang et al., 2012).

Fodd bynnag, mae amheuaeth ynghylch potensial gwirioneddol y sector i gyfrannu'n sylweddol at anghenion trydan cenedlaethol. O'i gymharu â llwyddiannau'r model Danaidd o ffermydd gwynt dan berchenogaeth gymunedol, dadleuir bod y DU eisoes wedi methu manteisio ar y cyfle i roi technoleg adnewyddadwy ar waith ar lefel leol (Warren a McFadyen, 2010). Dim ond 0.5% o botensial cynhyrchu (*capacity*) ynni gwynt y DU sydd mewn perchenogaeth gydweithredol, tra mae'r ffigur yn 25% yn Nenmarc (Toke, 2005). Er 2008 sefydlwyd polisi yn y sector ynni adnewyddadwy yn Nenmarc sy'n golygu bod 20% o bob prosiect ynni gwynt mewn perchenogaeth leol, a rhoddwyd cymhelliant ychwanegol o gefnogaeth ariannol i brosiectau yn ystod eu cyfnod dechreuol (Meacham, 2012). Gwelwyd y datblygiad blaengar hwn ym mholisi Denmarc yn dilyn cyfuniad o alwadau ar lawr gwlad, gweithredu cadarnhaol ar ran y wladwriaeth a datblygu modelau amrywiol o berchenogaeth (Cumbers, 2013). Nid oes polisi cyffelyb yn y DU, er gwaethaf amcangyfrifon fod yna botensial am 3.5GW o ynni adnewyddadwy cymunedol yn y gwledydd hyn – gwerth tua thair i bedair gorsaf bŵer draddodiadol (Co-operative Group and Co-operatives UK, 2012). Mae eraill yn optimistaidd fod gan y sector y gallu i dyfu a chyfrannu'n ystyriol i ddyfodol sy'n seiliedig ar ynni cynaliadwy, gan gyfrannu hefyd at wireddu nifer o amcanion polisi mewn meysydd cymdeithasol ac economaidd (Seyfang et al., 2012). O bersbectif yr Alban, mae Warren a McFadyen (2010) yn cytuno ynghylch pwysigrwydd twf y sector, ond yn amheus o allu cymunedau i wneud cyfraniad arwyddocaol at gyfanswm ynni adnewyddadwy.

Fel y nodir gan Seyfang et al. (2012), mae'n ymddangos fel petai grwpiau ynni cymunedol yn ymbellhau o ddibynnu ar arian grant i'w hariannu, ac yn edrych ar fodelau busnes mwy cynaliadwy. Gwelwyd hyn yn ddiweddar gan brosiect Cydweithfa Egni yn ne Cymru, lle'r ariannwyd prosiect solar cymunedol drwy werthu rhandaliadau i'r cyhoedd (Egni, 2014). Ar y llaw arall, gwelwyd diffyg diddordeb o ran buddsoddi mewn prosiectau ynni adnewyddadwy gan gymunedau gwledig sy'n byw oddi ar y grid oherwydd bod y buddion ariannol yn is ar gyfer prosiectau o'r fath o dan amodau trosglwyddo a dosbarthu ynni drwy'r Grid Cenedlaethol (Yadoo et al., 2011). Efallai ei bod yn angenrheidiol, felly, i gymunedau gwledig ddatblygu eu rhwydwaith ynni hunangynhaliol lleol eu hunain – 'grid lleol' – os ydynt am gynnal awtonomi a hirhoedledd cymunedol. Mae cymuned hunangynhaliol Ynys Eigg yn yr Alban, lle mae ganddynt eu grid eu hunain, technolegau sy'n cynhyrchu ynni adnewyddadwy a batrïau i 'storio' ynni, yn enghraifft o sut y gall system o'r fath weithio (Isle of Eigg, 2014).

Un o'r manteision eraill a all ddeillio o'r sector ynni cymunedol, yn uniongyrchol neu'n anuniongyrchol, yw lles diwylliannol. Mae astudiaeth o ddatblygiad yn ne-orllewin yr Alban wedi nodi sut y cafodd tyrbinau gwynt y gymuned eu henwi yn yr iaith Aeleg. Yn fuan ar ôl codi'r tyrbinau, bu mewnfudiad newydd o bobl i'r gymuned a chynnydd yn niferoedd y disgyblion yn yr ysgol leol (Warren a McFadyen, 2010). Gall y mewnlifiad hwn fod o fudd posib i hyfywdra'r iaith ar yr ynys, er nad oes ymchwil empirig i gefnogi hyn ar gael ar hyn o bryd. Canfuwyd hefyd fod hunaniaeth symbolaidd a'r angen i osgoi niwed economaidd mewn ardaloedd anghysbell o gymunedau ucheldiroedd ac ynysoedd yr Alban yn sbardun dros 'weithred ynni' (Bomberg a McEwen, 2012). Ar Ynys Tiree yn yr Alban, lle mae tyrbin gwynt cymunedol wedi ei sefydlu ac yn cynhyrchu incwm i'r ynys er 2009, mae'r gymuned wedi penderfynu buddsoddi arian i gyflogi aelod o staff sy'n gweithio'n benodol ar hyrwyddo'r iaith Aeleg, yn trefnu gwersi yn yr iaith ac yn datblygu

cerddoriaeth draddodiadol yr ynys (Tiree Trust, 2014). O'r persbectif Cymreig, dangosodd cyfrifiad 2011 gwymp yn niferoedd siaradwyr Cymraeg, yn rhannol oherwydd allfudiad cyffredinol o siaradwyr. Er mwyn atal a gwrthdroi'r duedd hon, mae'n bosib y gall prosiectau ynni cymunedol gyfrannu at adnewyddiad economaidd cymunedau Cymraeg eu hiaith. Yn ddiweddar, mae Menter Iaith Conwy (corff sy'n hyrwyddo'r iaith Gymraeg ar lefel leol) wedi penodi swyddog 'EgNi' i archwilio'r posibilrwydd o adennill yr iaith Gymraeg yn nyffryn Conwy drwy fuddsoddi mewn ynni adnewyddadwy cymunedol (Menter Iaith Conwy, 2012). Ar hyn o bryd, mae diffyg ymchwil drylwyr i botensial cynlluniau ynni cymunedol o ran hybu adfywiad diwylliannol.

Heriau sy'n wynebu datblygiadau ynni cymunedol

Mae'r gwaith ymchwil a astudiwyd yn cydnabod nifer o heriau sy'n wynebu prosiectau ynni cymunedol. Yr anhawster mwyaf cyffredin yw'r ffaith fod mentrau bach fel prosiectau adnewyddadwy cymunedol yn cael eu hanwybyddu, eu gwthio i'r ymylon neu eu hystyried yn ddibwynt (Kellet, 2007). Nid yw pob agwedd ar ynni cymunedol ychwaith yn sicr o fod yn gydlynus. Awgrymwyd bod llai o gymhelliad i gymunedau gymryd rhan yn y maes cynhyrchu ynni oherwydd bod buddion y mentrau yn cael eu rhannu rhwng pob aelod o'r gymuned, beth bynnag oedd hyd a lled eu cyfraniad yn sefydlu'r prosiect (Bomberg a McEwen, 2012). Mae tystiolaeth hefyd yn dangos y gall buddion cymunedol greu rhwygiadau (Bristow et al., 2012), er bod hyn yn cyfeirio'n benodol at becynnau buddion cymunedol sy'n berthnasol i brosiectau preifat. Gall y model cydweithredol o berchenogaeth gyfrannol hefyd anghymwyso'r rhai hynny o fewn y gymuned sy'n methu neu'n anfodlon buddsoddi. Mae'n bosib y gallai modelau elusennol cymunedol rannu buddiannau mewn modd mwy cyfartal (Walker a Devine-Wright, 2008), ond nid yw hyn wedi ei brofi drwy ymchwil empirig.

Fel y trafodwyd eisoes, gall y duedd hanesyddol i ganoli ym maes cynhyrchu ynni fod wedi rhwystro datblygiadau yn y maes ynni cymunedol. Yn hanesyddol, mae ynni wedi cael ei ddarganfod, ei greu a'i werthu ar raddfa fawr. Nid prosiectau ynni bychain a chynhyrchu micro yw'r norm. Mewn gwirionedd, dim ond yn ddiweddar mae prosiectau ynni cymunedol wedi cael eu hystyried o ddifri fel posibiliadau ymarferol ar gyfer cynhyrchu ynni cynaliadwy. Mae'r dull traddodiadol o greu ynni wedi creu meini tramgwydd i brosiectau cymunedol yn y maes (Yadoo et al., 2011), ac mae hyn wedi creu ansicrwydd o fewn cymunedau ynghylch eu gallu i greu mentrau llwyddiannus yn eu hardaloedd (Rogers et al., 2008). Ymhellach, gall y traddodiad hwn o ganoli ym maes ynni a'r diffyg penderfyniadau datganoledig neu leol yn y maes arwain at ddychwelyd i'r patrwm gwleidyddol, economaidd ac ymddygiadol traddodiadol (Möller et al., 2012).

Materion ariannol yw rhai o'r anawsterau mwyaf cyfarwydd i rai sydd am ddatblygu prosiectau ynni cymunedol (Rogers et al., 2008). O fewn y diwydiant ynni gwynt yn y DU, ymddengys fod prosiectau bach yn canfod bod sefydliadau ariannol yn llai tebygol o'u hariannu, o'u cymharu â phrosiectau tebyg yn Nenmarc neu'r Almaen, ac yn darganfod anawsterau neilltuol wrth geisio codi arian ar gyfer prosiectau'r tu hwnt i gynlluniau bach micro-gynhyrchu (Munday et al., 2011). Er hyn, efallai fod gan grwpiau ynni cymunedol y potensial i godi cyfalaf yn effeithiol o'r gymuned ei hun, fel y gwelwyd yn ddiweddar ym mhrosiect ynni solar Cydweithfa Egni cymoedd de Cymru (Egni, 2014). Bydd angen ymchwil bellach i allu cyfalaf cymunedol i ariannu'r isadeiledd sydd ei angen

i ddatblygu ynni adnewyddadwy cymunedol, er bod enghraifft Egni a chymdeithasau cydweithredol cymunedol eraill yn dangos potensial diddorol.

Yn ogystal â gweithio o fewn maes anghyfarwydd a gorfod delio ag anawsterau ariannol, anfanteision eraill sy'n wynebu'r sector ynni cymunedol yw diffyg trosglwyddo gwybodaeth, rhwydweithio a meddwl strategol (Conaty a Mayo, 2012). Mae anawsterau technolegol – yn benodol, diffyg gwybodaeth dechnolegol ac arbenigedd ym maes technoleg ynni adnewyddadwy – yn llesteirio datblygiadau yn y maes (Bomberg a McEwen, 2012). Mewn ardaloedd gwledig yn arbennig mae cost cysylltu â'r grid ar gyfer prosiectau cynhyrchu ynni yn rhwystr (Yadoo et al., 2011). Anhawster pellach i gymunedau yw'r baich gweinyddol, gan y gall y dasg o chwilio am grantiau a systemau tariff, heb lawer o arweiniad neu gymorth o'r tu allan, fod yn feichus (Hain et al., 2005; Rogers et al., 2008; Yadoo et al., 2011). Mae ansicrwydd hefyd yn rhwystr arall i berchenogaeth ynni cymunedol. Yn achos technoleg gwynt, gall yr ansicrwydd hwn godi os na fydd y tyrbin gwynt yn perfformio yn ôl y disgwyl, neu os bydd newidiadau ym mhrisiau trydan (Munday et al., 2011).

Mae'r grid cenedlaethol a natur y farchnad ynni yn broblem sylweddol i grwpiau ynni cymunedol. Ar hyn o bryd, mae cynhyrchu trydan yn cael ei fonopoleiddio gan y sector preifat a'i reoli gan economi'r farchnad (er bod ychydig o reoleiddio prisiau). Mae datblygiadau adnewyddadwy newydd yn dueddol o ddilyn patrymau blaenorol, a'r cynhyrchwyr ynni mawr sydd â'r mynediad gorau i'r grid cenedlaethol (Kellet, 2007). O ganlyniad, mae cysylltiad rhwydwaith a mynediad i'r farchnad enfawr hon yn profi'n anodd (Walker, 2008).

Gall y traddodiad o greu polisi nad yw'n ystyriol o ofynion y sector ynni cymunedol caeedig a dryswch ynghylch polisïau a rheoliadau yn y sector rwystro cymunedau rhag mentro ar eu prosiectau ynni eu hunain, er gwaethaf y cymhelliant ariannol a chymdeithasol (Bomberg a McEwen, 2012). Cydnabyddir bod angen mwy o gymorth sefydliadol i gymunedau yn y DU i bontio'r hyn a elwir yn `fwlch gwerth–gweithred', y berthynas rhwng y weithred o roi cynllun ar waith a'r buddion a gafwyd yn ei sgil (Yadoo et al., 2011). Fe ddadleuwyd bod yr anawsterau wrth geisio datblygu prosiectau ynni cymunedol wedi bod yn gryfach na'r cymhellion (Walker, 2008).

Polisi

Er gwaethaf ymdrechion i hyrwyddo manteision a photensial grwpiau ynni cymunedol i gyfrannu tuag at gynhyrchu ynni carbon isel yn gyffredinol a'u gallu i gyflenwi eu cymunedau eu hunain, mae angen strwythurau cefnogi ac ariannu i sbarduno datblygiad yn y maes ar lawr gwlad (St Denis a Parker, 2009). Mae arolwg ledled y DU ymysg grwpiau ynni cymunedol wedi dangos eu bod yn derbyn bod yna derfyn ar yr hyn y gallant ei gyflawni ar eu pennau eu hunain; mae arnynt angen cefnogaeth allanol (Seyfang et al., 2013).

Bydd llwyddiant isadeiledd ynni cynaliadwy cyfiawn yn ddibynnol ar bolisïau a fframweithiau gwleidyddol y presennol a'r dyfodol (Möller et al., 2012). Er hyn, mae polisïau ym maes ynni adnewyddadwy yn amrywio o wlad i wlad. Er mwyn datblygu polisi effeithiol, mae angen darganfod y fframweithiau polisi mwyaf llwyddiannus yn y sector. Mae cynnydd yr Almaen a Denmarc yn y sector ynni gwynt, er enghraifft, wedi ei briodoli i weithredu'r Cynllun Cyflenwi Trydan (*Feed In Tariff*), tra mae diffyg llwyddiant yn y DU

wedi ei briodoli i bolisi gwahanol a fabwysiadwyd yn ystod yr un cyfnod (Lipp, 2007). Dangosodd astudiaethau cymharol fod y strwythur polisi a chyllido a fabwysiadwyd yn Nenmarc a'r Almaen wedi caniatáu mwy o gydberchnogaeth a chyfranogiad gan ddinasyddion lleol mewn prosiectau ynni adnewyddadwy, a hefyd wedi diogelu budd economaidd (Munday et al., 2011).

Yn 2010 cyhoeddwyd Cyfarwyddyd Ynni Adnewyddadwy Newydd o fewn yr Undeb Ewropeaidd (UE). Mae'r cyfarwyddyd hwn yn datgan bod y twf yn y sector ynni adnewyddadwy wedi bod yn annigonol. Dim ond saith o aelodau'r undeb oedd yn disgwyl cyrraedd eu targed ynni adnewyddadwy erbyn 2010. Cydnabyddir bod buddsoddwyr preifat yn arianwyr pwysig ar gyfer y datblygiadau hyn, er mai'r defnyddwyr yw'r buddsoddwyr mwyaf yn y pen draw (European Commission, 2011).

O fewn yr UE, Denmarc yw un o'r aelodau sydd wedi llwyddo i gyrraedd ei nod o ran ynni adnewyddadwy, ac mae'r wlad yn aml yn cael ei gweld fel esiampl o'r hyn sy'n bosib o safbwynt datblygu ynni adnewyddadwy fel prif ffynhonnell cyflenwad ynni gwlad. Ar ben hynny, mae'n debygol o fod ar y blaen o ran perchenogaeth gymunedol ar ynni adnewyddadwy. Mae Denmarc yn cael ei chydnabod fel y wlad arloesol yn y sector hwn, gan ei bod yn gweithredu dull datganoledig o gynhyrchu ynni, lle mae lles cymunedol a modelau cydberchenogi wedi eu normaleiddio (Conaty a Mayo, 2012). Awgrymir bod angen i wneuthurwyr polisi yn y DU greu amgylchedd sy'n fwy cefnogol i brosiectau ynni adnewyddadwy cymunedol o fewn y farchnad ynni. Mae Denmarc hefyd yn anelu at fod yn rhydd o danwydd ffosil erbyn 2050. Mae nifer o resymau cymdeithasol-economaidd pam mae Denmarc yn ymddangos fel petai ar flaen y gad o'i chymharu â gweddill Ewrop wrth ddatblygu ei sector ynni adnewyddadwy. Un o'r rhesymau a gynigir am hyn yw traddodiad gwleidyddiaeth glymblaid ei senedd. Nid oes yr un blaid wedi cael mwyafrif yn ei senedd er 1909. Oherwydd hyn, maent wedi osgoi gwleidyddiaeth fyrdymor a newidiadau gwleidyddol eithafol, gan ganiatáu gweledigaeth gyson a hirdymor (Baird, 2012). Ymhellach, mae hanes o gyfranogiad cymunedol yn natblygiad y sector ynni adnewyddadwy yn Nenmarc. Priodolir hyn i'r entrepreneuriaid, a oedd wedi eu gwreiddio yn y gymuned, a weithiodd mewn cytgord â datblygiadau technolegol ynni gwynt (Lipp, 2007). Serch hynny, yn ddiweddar mae gwrthwynebiadau i ffermydd gwynt wedi codi yn Nenmarc, wrth i gwmnïau amlwladol hawlio'r maes a disodli sawl un o'r grwpiau bach gwreiddiol (Warren a McFayden, 2010). Mae hyn eto yn tynnu sylw at ddylanwad materion perchenogaeth ar y sector ynni adnewyddadwy.

Mae'r UE yn cydnabod y rôl y gall cymunedau ei chwarae er mwyn cyrraedd targedau ynni adnewyddadwy, yn ogystal â'r manteision economaidd-gymdeithasol lleol a rhanbarthol. Cydnabyddir hefyd yr angen am drefn gynhyrchu ynni lai o faint, fwy hyblyg, ac wedi ei dosrannu'n eang, yn ogystal â'r angen am grid a marchnad wahanol i wasanaethu'r sector ynni trawsnewidiol hwn (European Commission, 2011).

Polisi'r DU

Yn y gorffennol, beirniadwyd y polisi ar lefel y DU am ganolbwyntio'n ormodol ar gynlluniau ynni adnewyddadwy mawr ac esgeuluso prosiectau bach, er gwaethaf eu cyfraniad at dargedau ynni adnewyddadwy (Hain et al., 2005). Un enghraifft o hyn

oedd y polisi `Rhwymedigaeth Adnewyddadwy' (Renewables Obligation) a gafodd ei gyflwyno yn 2002. Roedd y polisi hwn yn gofyn i gyflenwyr ynni gynyddu faint o ynni roeddynt yn ei brynu o ffynonellau adnewyddadwy. Roedd y cynllun yn fuddiol ar gyfer cynhyrchwyr mawr ym maes ynni adnewyddadwy gan eu bod yn gallu ymateb i alwadau uchel y gwasanaethau cyflenwi. Ar y llaw arall, ni chafodd y cynhyrchwyr llai, cymunedol, unrhyw fudd o'r polisi (Yadoo et al., 2011). Roedd y polisïau'n cefnogi'r cwmnïau mwyaf, yn hytrach na phrosiectau a datblygiadau dan berchenogaeth leol (Munday et al., 2011).

Yng nghyd-destun lobïo, mae mwy o ddylanwad gan grwpiau cynhyrchu sefydledig, tra mae cymunedau neu gynhyrchwyr llai yn teimlo bod y gwaith o ddylanwadu ar y sector yn heriol (Bomberg a McEwen, 2012). Mae pwysau cynyddol i gyrraedd targedau (fel y gwelir o'r strategaethau Ewropeaidd uchod) wedi tanio awydd i ddatblygu'r sector ynni adnewyddadwy ymhellach ac i ganiatáu mwy o brosiectau – ffermydd gwynt yn benodol (Bristow et al., 2012). Fel y gwelir o'r gwaith ymchwil a adolygwyd eisoes, gall cymunedau a'u hymrwymiad i brosiectau fod yn allweddol i hwyluso llwybr o'r fath.

Awgrymir bod yna newid ar droed ym mholisi diweddar y sector ynni adnewyddadwy sy'n dechrau edrych y tu hwnt i gynhyrchwyr ynni mawr, canolog (Walker a Devine-Wright, 2008). Os yw'r llywodraeth yn ddiffuant yn ei hawydd i weld cynlluniau ynni adnewyddadwy sydd wedi eu seilio yn y gymuned yn cael eu datblygu, bydd angen polisïau cyson a chryf (Rogers et al., 2008; Yadoo et al., 2011). Ymhellach, mae arolwg ar lefel y DU yn dangos bod y grwpiau cymunedol hyn am weld adrannau'r llywodraeth yn cydweithio'n draws-adrannol (Seyfang et al., 2012). Os disgwylir cynnydd pellach yn y maes, mae angen i bolisïau ddenu a chaniatáu i drawstoriad eang o'r boblogaeth fod yn rhan o'r sector, yn hytrach na gorddibynnu ar leiafrif gweithgar o ddinasyddion (Rae a Bradley, 2012). Ffurfiwyd grŵp newydd y Community Energy Coalition sy'n galw am strategaeth glir i'r perwyl hwn drwy roi pwysau ar lywodraeth y DU (Community Energy Coalition, 2013). Cyhoeddwyd y Strategaeth Ynni Gymunedol gyntaf erioed gan Adran Ynni a Newid Hinsawdd y DU ym mis Ionawr 2014 (DECC, 2014).

Polisi llywodraethau datganoledig

Mae gallu llywodraethau rhannol ddatganoledig y DU i gefnogi datblygiad prosiectau ynni adnewyddadwy yn gyfyngedig oherwydd bod rheoliadau marchnadoedd ac isadeiledd ynni yn faterion sydd wedi eu canoli (Yadoo et al., 2011). Mae hyn yn codi cwestiynau ynghylch gallu gwledydd datganoledig i sefydlu isadeiledd sefydlog i ddatblygu eu systemau ynni adnewyddadwy o dan y drefn ganolog hon. Serch hynny, mae gwledydd datganoledig y DU wedi gosod eu targedau eu hunain. Mae targedau'r Alban ar gyfer cynhyrchu ynni trydan adnewyddadwy yn arbennig o uchelgeisiol: 31% ar gyfer 2011 a 50% erbyn 2020. Llwyddwyd i gyrraedd y targed cyntaf, a chynhyrchu 39% o ynni trydan adnewyddadwy erbyn 2012 (DECC, 2013). Gellir cymharu hyn â'r targedau o 10%, gogyfer â 2010, ac 20% erbyn 2020 a osodwyd gan Lywodraeth San Steffan ar gyfer y DU (Warren a McFadyen, 2010). Ni lwyddodd y DU i gyrraedd y nod cyntaf hwn, gan gynhyrchu 6.5% yn unig o ynni adnewyddadwy erbyn 2010 (Renewable Energy Foundation, 2012). Er gwaethaf y trefniant cyfansoddiadol presennol, mae'r Alban wedi llwyddo i ddatblygu a hyrwyddo cynlluniau yn y maes (Bomberg a McEwen, 2012). Mae cefnogaeth i alluogi grwpiau cymunedol i godi arian wedi cael ei datblygu yn yr Alban

er 2006 (Walker, 2008) ac yn parhau o dan gynllun CARES (Community and Renewable Energy Scheme), dan ofal Community Energy Scotland tan Awst 2013 (Community Energy Scotland, 2013) a Local Energy Scotland erbyn hyn (Local Energy Scotland, 2014). Mae yna hefyd darged clir yn yr Alban, i greu 500MW o ynni yn benodol gan grwpiau ynni cymunedol erbyn 2020 (Scottish Government, 2011). Erbyn Mehefin 2012 roedd 204MW o ynni cymunedol yn cael ei gynhyrchu yn yr Alban (Energy Savings Trust, 2013).

'Ynni Cymru: Newid Carbon Isel' (Llywodraeth Cymru, 2012) yw'r papur polisi diweddaraf a gyhoeddwyd gan Lywodraeth Cymru ym maes ynni adnewyddadwy. Oddi ar hynny, cyhoeddwyd adroddiad gan Bwyllgor Amgylchedd a Chynaliadwyedd y Cynulliad o'r enw 'Polisi Ynni a Chynllunio yng Nghymru'. Un thema sy'n cael ei hailadrodd yn yr adroddiad yw'r diffyg eglurder strategol er mwyn sicrhau bod targedau ynni Cymru yn cael eu cyrraedd. Mae Llywodraeth Cymru yn cyfeirio at y ffaith fod gan Gymru'r potensial i greu dwywaith y swm o ynni trydanol a ddefnyddir yng Nghymru o ffynonellau adnewyddadwy, a 4GW o hynny yn gyfan gwbl gan ynni o'r môr (DECC, 2011). Cytunodd y rhai a gyfrannodd at yr adroddiad fod yna ddiffyg arweiniad o ran datblygu polisïau a bod y targedau yn amwys, heb ganllawiau clir sut i'w cyrraedd. Cyfeiriwyd fwy nag unwaith at bolisïau, gweledigaeth a mecanweithiau oedd wedi cael eu rhoi ar waith gan lywodraeth ddatganoledig yr Alban i hyrwyddo datblygiadau yn y maes fel esiampl o wleidyddiaeth flaengar yn natblygiad y sector ynni adnewyddadwy.

Mae yna anghysondeb mewn gwleidyddiaeth ddatganoledig sy'n cymhlethu gweinyddiaeth ynni Ynysoedd Prydain. Mae'r gallu i ganiatáu gweithfeydd cynhyrchu ynni wedi ei rannu (yn ôl maint a gallu cynhyrchu) rhwng llywodraeth ddatganoledig Cymru a llywodraeth y DU. Nid dyma'r sefyllfa yng ngweinyddiaeth yr Alban a Gogledd Iwerddon, sydd â phwerau llawn dros ddatblygu systemau adnewyddadwy. Mae'n debyg mai awdurdod dros draean yn unig o'r holl ddatblygiadau arfaethedig yng Nghymru fydd gan Aelodau'r Cynulliad (Pwyllgor yr Amgylchedd a Chynaliadwyedd, 2012), ond mae'r pwyllgor wedi argymell y dylai'r pwerau perthnasol gael eu datganoli i Lywodraeth Cymru er mwyn hwyluso a symleiddio datblygiad y sector.

Er gwaethaf y cyfyngiadau ar bwerau yn y maes, ni wnaeth adroddiad diweddar Comisiwn Silk, a fu'n edrych ar ddatblygiad datganoli yng Nghymru, argymell datganoli'r grym dros ynni yn llawn i Gymru, fel y byddai ganddi gydraddoldeb â'r Alban a Gogledd Iwerddon. Argymhelliad yr adroddiad oedd: 'y dylid datganoli pob cyfrifoldeb am benderfynu ynghylch rhoi caniatâd ar gyfer pob prosiect cynhyrchu ynni o dan 350MW i Gymru' (Comisiwn Silk, 2014: t.87).

Aneglur hefyd yw'r targedau penodol ar gyfer prosiectau perchenogaeth gymunedol yng Nghymru yn ogystal â hybu potensial pwrcasu cymunedol yng nghyswllt prosiectau ynni adnewyddadwy preifat (er bod Pwyllgor yr Amgylchedd a Chynaliadwyedd mewn cytgord â'r papur 'Ynni Cymru' – h.y. fod yn rhaid i gymunedau elwa ar ddatblygiadau ynni). Argymhelliad arall gan y Pwyllgor oedd cynyddu lefel ymrwymiad y cyhoedd yn y maes ynni, yn ogystal â datblygu'r ddadl wleidyddol ynglŷn â thechnolegau adnewyddadwy (Pwyllgor yr Amgylchedd a Chynaliadwyedd, 2012). Er gwaethaf y cymal ynglŷn â sicrhau bod cymunedau'n cael eu cynnwys mewn canllawiau cynllunio lleol (ar ffurf 'TAN 8'), mae'r cymhelliad i ddatblygwyr weithio yn agos â chymunedau yn parhau i fod yn aneglur (Walker, 2008). Mae'r pwyllgor yn gweld perchenogaeth fel

y dull gorau o sicrhau budd i brosiect ynni adnewyddadwy cymunedol. Mae hefyd yn argymell sefydlu Bwrdd Datblygu Ynni Adnewyddadwy, sef corff i gydlynu'r strategaeth, gydag arbenigwyr ym meysydd llywodraeth, datblygu a rheoleiddio yn ei lywio. Argymhellir ymhellach y dylid anelu at sefydlu corff ymgynghorol yn benodol ar gyfer busnesau a grwpiau cymunedol.

Mae rhai o gasgliadau'r Pwyllgor wedi eu hadlewyrchu ym mholisi swyddogol Llywodraeth Cymru. Mae sicrhau buddion cymunedol drwy ynni adnewyddadwy a datblygiad isadeiledd yng Nghymru ymhlith y tri phrif nod a amlinellir yn y papur 'Ynni Cymru: Newid Carbon Isel'. Mae yna alw hefyd ar i gymunedau yng Nghymru gael mynediad at gyngor arbenigol a chronfeydd ariannol i'w galluogi i greu ynni yn lleol. Ond nid oes yna dargedau na chamau clir i arwain y ffordd tuag at y nod hwn.

Yn ôl Llywodraeth Cymru, mae yna ddiffyg cytundeb rhyngwladol ar fater lleihau allyriadau carbon a chynyddu ynni adnewyddadwy a chynaliadwy (Llywodraeth Cynulliad Cymru, 2010). Serch hynny, mae polisïau ar lefel Cymru hefyd yn amwys, gan fod diffyg cyfarwyddyd cadarn, ymarferol. Nid oes canllawiau ar gael sy'n cynnig cyfarwyddyd i grwpiau cymunedol i ddatblygu ynni adnewyddadwy cynaliadwy, fel 'Community Energy Toolkit' yr Alban a gwefan *Community Energy Online* gan Adran Ynni a Newid Hinsawdd y DU. Mae yna gymorth drwy brosiect Ynni'r Fro (2014) ond mae'n ymddangos na cheir yr un cysondeb o ran targedau, buddsoddiad a llwyddiant yn y maes yng Nghymru o'i gymharu â'r Alban.

Mae Cymru mewn sefyllfa anodd yn y sector hwn gan fod ei phwerau deddfwriaethol yn gyfyngedig ac yn amharu ar ei gallu i ddatblygu a gwella targedau. Fel gwlad ddatganoledig, dylanwad bach sydd gan Gymru ar gynlluniau polisïau ynni, yn enwedig tra bo pwerau penodol yn y maes yn rhwystredig o'u cymharu â gweinyddiaeth yr Alban a Gogledd Iwerddon. Serch hynny, mae gan Lywodraeth Cymru'r pwerau i ganiatáu datblygiadau adnewyddadwy bychain (o dan 50MW) ac mae angen mwy o arweiniad yn y maes, fel sy'n cael ei nodi yn adroddiad y Pwyllgor. Gall buddsoddi mewn grwpiau ynni adnewyddadwy gydag arweiniad cydweithredol cymunedol fod yn gynnig polisi blaengar, lle mae'r buddion dosranedig yn fwy arwyddocaol. Mae yna botensial mawr i Gymru fod yn faes profi ar gyfer datblygu ynni cymunedol, petai polisïau blaengar ar waith.

Casgliadau

Mae'n eglur fod y sector ynni cymunedol yn faes ymchwil pwysig. Dengys y gwaith ymchwil a astudiwyd y gall cyfoeth o fanteision cymdeithasol-economaidd godi o'r sector, yn ogystal â'r gallu i gyfrannu at dargedau ynni adnewyddadwy. Mae newid mewn agweddau a dealltwriaeth gynyddol o faterion cynaliadwyedd a chadwraeth ynni yn hanfodol er mwyn gwireddu'r trawsnewidiad i system ynni carbon isel. Nid yw parhau â'r model o gynlluniau mawr dan berchenogaeth breifat, ganolog yn mynd i sicrhau newid mewn agweddau tuag at gadwraeth ynni. Mae yna dystiolaeth gyfyngedig i gefnogi'r awgrym fod yna berthynas rhwng ymwneud y gymuned â chynhyrchu ynni yn lleol a chadwraeth ynni (Rogers et al., 2012).

Yn ôl canllawiau datblygu cynaliadwy, dylid ystyried agweddau cymdeithasol ac economaidd mewn unrhyw gynlluniau i ddefnyddio ac ymestyn cynlluniau ynni adnewyddadwy. Gall creu cynlluniau sy'n cynhyrchu cyllid lleol sy'n aros yn y gymuned

feithrin gwydnwch a chynaliadwyedd yn y cymunedau hynny. Gall y buddion cymdeithasol ac economaidd hyn gynnwys swyddi newydd ynghyd ag adfywiad mewn agweddau diwylliannol, megis yr iaith Gymraeg. Mae'n ymddangos bod mwy o fanteision yn cyrraedd cymunedau sydd yn perchenogi neu'n rhannol berchenogi cynlluniau ynni o'u cymharu â'r cynlluniau hynny sy'n cael eu rhedeg yn breifat. Ymddengys hefyd fod cymunedau yn llai gwrthwynebus i brosiectau cymunedol o'u cymharu ag ymdrechion preifat, mawr.

Fel cenedl ddatganoledig, mae datblygiadau'r Alban ym maes ynni adnewyddadwy ac ynni adnewyddadwy *cymunedol* yn esiampl i ddatblygiad polisi yng Nghymru. Gall Denmarc hefyd ddarparu gwersi defnyddiol ar sail ei blaengaredd yn y sector ynni adnewyddadwy a chymunedol. Nid oes strategaeth glir yng Nghymru i gefnogi ynni adnewyddadwy cymunedol. Ymddengys fod y gefnogaeth sydd ar gael yng Nghymru ar y cyfan yn amwys ac yn aneglur, er gwaethaf datblygiadau ar lefel y DU ac yn yr Alban, a'r manteision sydd wedi eu profi all ddod o datblygu a chefnogi'r sector ynni cymunedol. Byddai datblygu polisi yn benodol ar gyfer y sector hwn yng Nghymru i'w groesawu, gan gynnwys gosod targedau clir, fel a gafwyd yn yr Alban, gan y byddai'n dangos ymrwymiad a chefnogaeth ddiamwys i'r sector unigryw hwn.

Llyfryddiaeth

Baird, T. (2012), 'Fossil fuel independence: Denmark's path', *The Journal of the International Energy Agency*, 2, 41.

Bomberg, E., a McEwen, N. (2012), 'Mobilizing community energy', *Energy Policy*, 51, 435–44.

Bristow, G., Cowell, R. a Munday, M. (2012), 'Windfalls for whom? The evolving notion of "community" in community benefit provisions from wind farms', *Geoforum*, 43, 1108–20.

Brixton Energy (2014), https://brixtonenergy.co.uk (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Comisiwn Silk (2014), *Grymuso a Chyfrifoldeb: Pwerau Deddfwriaethol i Gryfhau Cymru* (Caerdydd: Comisiwn ar Ddatganoli yng Nghymru).

Community Energy Coalition (2013), http://www.forumforthefuture.org/project/community-energy-coalition/overview (Cyrchwyd: 18 Mehefin 2013).

Community Energy Scotland (2013), http://www.communityenergyscotland.org.uk/ (Cyrchwyd: 17 Mehefin 2013).

Conaty, P., a Mayo, E. (2012), 'Towards a co-operative energy services sector', *Journal of Co-operative Studies*, 45, 46–55.

Co-operative Group and Co-operatives UK (2012), *Manifesto for a Community Energy Revolution – Part of the Work of the Community Energy Coalition* (Manchester: Co-operatives UK).

Cumbers, A. (2013), *Making Space for Economic Democracy: The Danish Wind Power Revolution*, http://www.unrisd.org/80256B3C005BE6B5/search/FFACF446C9CEE717C1257B2800527248?OpenDocument (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

DECC (2011), *UK Renewable Energy Roadmap* (London: DECC).

DECC (2013), *UK Renewable Energy Roadmap Update 2013* (London: DECC).

DECC (2014), *Community Energy Strategy* (London: DECC).

Egni: Cydweithfa Solar Ffotofoltaig Cymoedd De Cymru (2014), http://egni.coop/about-us/?lang=cy (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Energy Saving Trust (2013), *Community and Locally Owned Renewable Energy in Scotland, June 2012* (Edinburgh: Energy Saving Trust).

European Commission (2011), *Renewable Energy: Progressing towards the 2020 Target* (Brussels: European Commission).

Hain, J. J., Ault, G. W., Galloway, S. J., et al. (2005), 'Additional renewable energy growth through small-scale community orientated energy policies', *Energy Policy*, 33, 1119–212.

Hughes, G., 'Ynni Cynaliadwy yng Nghymru', traethawd PhD, Prifysgol Bangor, Bangor, 2008.

International Institute for Industrial Environmental Economics (2009), *The Future is Distributed: A Vision of Sustainable Economies* (Lund: IIIEE).

Isle of Eigg (2014), http://www.isleofeigg.net (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Jefferson, M. (2008), 'Accelerating the transition to sustainable energy systems', Energy Policy, 36, 4116–25.

Kellet, J. (2007), 'Community-based energy policy: a practical approach to carbon reduction', *Journal of Environmental Planning and Management*, 50, 381–96.

Lipp, J. (2007), 'Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom', *Energy Policy*, 35, 5481–95.

Local Energy Scotland (2014), http://www.localenergyscotland.org (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Llywodraeth Cymru (2012), *Ynni Cymru: Newid Carbon Isel* (Caerdydd: Llywodraeth Cymru).

Llywodraeth Cymru (2013), *Cynhyrchu a Defnydd Ynni*, http://wales.gov.uk/statistics-and-research/energy-generation-consumption/?skip=1&lang=cy (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Llywodraeth Cynulliad Cymru (2010), *Chwyldro Carbon Isel – Datganiad Polisi Ynni Llywodraeth Cynulliad Cymru* (Caerdydd: Llywodraeth Cynulliad Cymru).

MacKay, D. (2009), *Sustainable Energy – Without the Hot Air* (Cambridge: UIT Cambridge LTD).

Meacham, T. (2012), *Renewable Energy: Community Benefit and Ownership* (Edinburgh: Scottish Parliament Information Centre).

Menter Iaith Conwy (2012), http://www.mentrauiaith-gogledd.com/conwy/swyddi.html (Cyrchwyd: 11 Rhagfyr 2012).

Möller, B., Sperling, K., Nielsen, S., et al. (2012), 'Creating consciousness about the opportunities to integrate sustainable energy on islands', *Energy*, 48, 339–45.

Munday, M., Bristow, G., a Cowell, R. (2011), 'Wind farms in rural areas: how far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity?' *Journal of Rural Studies*, 27, 1–12.

PAWB (2012), *Maniffesto Môn*, http://stop-wylfa.org/wp/wp-content/uploads/2012/06/Maniffesto-Mon.pdf (Cyrchwyd: 11 Rhagfyr 2012).

Pwyllgor Amgylchedd a Chynaliadwyedd (2012), *Polisi a Chynllunio Ynni yng Nghymru* (Caerdydd: Comisiwn Cynulliad Cenedlaethol Cymru).

Rae, C., a Bradley, F. (2012), 'Energy autonomy in sustainable communities – a review of key issues', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,16, 6497–506.

Renewable Energy Foundation (2012), *Renewables Output 2010*, http://www.ref.org.uk/publications/229-renewables-output-in-2010 (Cyrchwyd: 11 Rhagfyr 2012).

Rogers, J. C., Simmons, E. A., Convery, I., et al. (2008), 'Public perceptions of opportunities for community-based renewable energy projects', *Energy Policy*, 36, 4217–26.

Rogers, J. C., Simmons, E. A., Convery, I., et al. (2012), 'Social impacts of community renewable energy projects: findings from a woodfuel case study', *Energy Policy*, 42, 239–47.

Scottish Government (2011), *2020 Routemap for Renewable Energy in Scotland* (Edinburgh: The Scottish Government).

Seyfang, G., Park, J., a Smith, A. (2012), *Community Energy in the UK: 3S Working Paper 2012–11* (Norwich: Science, Society and Sustainability Research Group).

Seyfang, G., Park, J., a Smith, A. (2013), 'A thousand flowers blooming? An examination of community energy in the UK', *Energy Policy*, 61, 977–89.

St Denis, G., a Parker, P. (2009), 'Community energy planning in Canada: the role of renewable energy,' *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2088–95.

Tidal Lagoon Swansea Bay (2014), http://cymraeg.tidallagoonswanseabay.com (Cyrchwyd: 13 Mai 2014).

Tiree Trust (2014), http://www.tireetrust.org.uk/music-and-culture (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Toke, D. (2005), 'Explaining wind power planning outcomes: some findings from a study in England and Wales', *Energy Policy*, 33, 1527–39.

Transition Towns (2014), *About Transition Network*, http://www.transitionnetwork.org/about (Cyrchwyd 20 Mai 2014).

Walker, G. (2008), 'What are the barriers and incentives for community-owned means of energy production and use?', *Energy Policy*, 36, 4401–5.

Walker, G., a Devine-Wright, P. (2008), 'Community renewable energy: what should it mean?', *Energy Policy*, 36, 497–500.

Walker, G., Devine-Wright, P., Hunter, S., et al. (2010), 'Trust and community: exploring the meanings, contexts and dynamics of community renewable energy', *Energy Policy*, 38, 2655–63.

Warren, C. R., a McFadyen, M. (2010), 'Does community ownership affect public attitudes to wind energy? A case study from south-west Scotland', *Land Use Policy*, 27, 204–13.

West Coast Energy (2013), *Welsh Government Supports Community Benefits Declaration*, http://www.westcoastenergy.co.uk/2013/06/welsh-government-supports-community-benefits-declaration/ (Cyrchwyd: 15 Hydref 2013).

World Bank (2012), *Fossil Fuel Energy Consumption*, http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS (Cyrchwyd: 15 Rhagfyr 2012).

World Commission on Environment and Development (1987), *Our Common Future* (Oxford: Oxford Paperbacks).

Yadoo, A., Gormally, A., a Cruickshank, H. (2011), `Low carbon off-grid electrification for rural areas in the United Kingdom: lessons from the developing world', *Energy Policy*, 39, 6400–7.

Ynni Llŷn (2012), http://www.ynnillyn.org (Cyrchwyd: 12 Rhagfyr 2012).

Ynni'r Fro (2014), http://www.energysavingtrust.org.uk/wales/Communities/Finding-funding/Ynni-r-Fro-programme (Cyrchwyd: 20 Mai 2014).

Dr Tudur Davies, Lee Garratt
a'r Athro Simon Cox

Rhaniad arwynebedd lleiaf silindr yn dair rhan

Gwerddon

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

Golygydd: **Dr Anwen Jones**

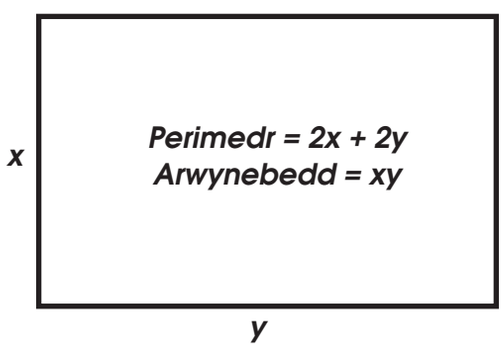
Rhaniad arwynebedd lleiaf silindr yn dair rhan

Dr Tudur Davies, Lee Garratt a'r Athro Simon Cox

1. Cyflwyniad

Mae optimeiddio yn dechneg fathemategol bwysig sydd â defnydd eang iddi. Yn syml, mae'n ymwneud â dewis yr elfen neu'r datrysiad gorau o'r set lawn o rai posib. Fel enghraifft, gadewch i ni ystyried y broblem syml o optimeiddio'r arwynebedd sy'n cael ei amgáu gan berimedr penodol. Gellir dychmygu'r broblem fel yr un sy'n wynebu ffermwr wrth iddo geisio optimeiddio arwynebedd, *A*, ei gorlan ddefaid o wybod fod ganddo gyfanswm hyd cyfyngedig o giatiau neu ffens er mwyn gwneud hynny. Mae'n debyg mai'r datrysiad amlycaf fyddai creu corlan betryal, ag ymylon hyd *x* ac *y*, dyweder (gweler Ffigur 1). Gadewch i ni geisio optimeiddio arwynebedd y petryal hwn. Er mwyn symleiddio cyfrifiad y siâp pedrochrog optimaidd, gadewch i ni gymryd, heb golli cyffredinoledd, mai hyd y perimedr, *P*, yw 4. Felly, mae gennym fod $2x + 2y = 4$, hynny yw, $y = 2 - x$. Felly'r fformiwla sy'n rhoi arwynebedd y petryal yn nhermau x yn unig yw

$$A = xy = x(2 - x) \tag{1}$$



Ffigur 1: Pa gymhareb o x ac y sy'n rhoi'r arwynebedd mwyaf ar gyfer petryal gyda pherimedr penodol, P?

$$\frac{dA}{dx} = 2 - 2x = 0 \tag{2}$$

Caiff y ffwythiant uchod ei optimeiddio pan mae deilliad yr arwynebedd parthed x yn hafal i sero:

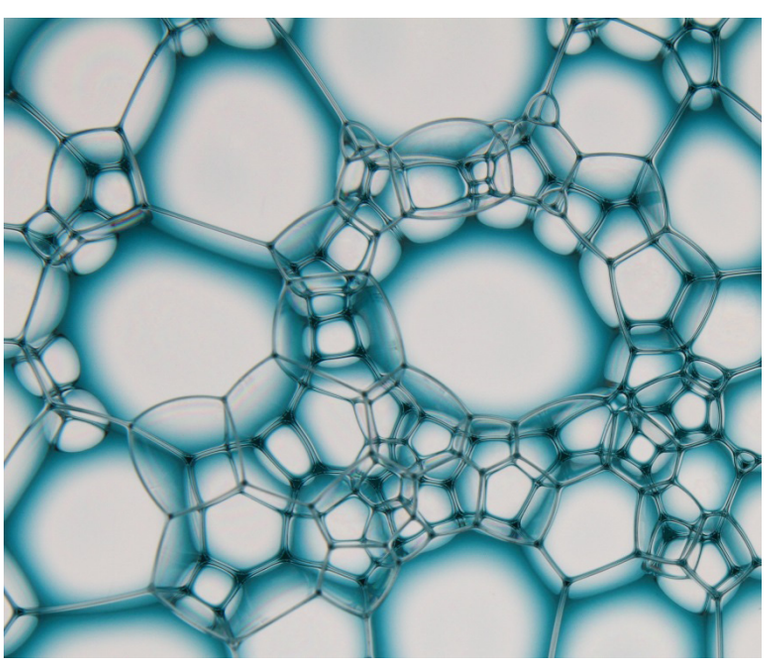
Felly, ceir arwynebedd optimaidd ar gyfer petryal â pherimedr o 4 pan mae $x = 1$, ac felly $y = 1$. Hynny yw, y sgwâr yw'r siâp pedrochr optimaidd ar gyfer amgáu arwynebedd â pherimedr penodol.

Gellir gwella ar y datrysiad uchod drwy gynyddu nifer yr ymylon, *n*, sydd i'r siâp ond gan gadw'r perimedr yn gyson. Mae'n bosib profi'n fathemategol mai'r polygon rheolaidd yw'r datrysiad optimaidd ar gyfer pob *n*, h.y. pentagon ar gyfer pum ymyl, hecsagon ar gyfer chwe ymyl ac yn y blaen. Terfan y polygonau rheolaidd wrth i *n*

gynyddu i anfeidredd yw'r cylch, ac felly mae'n dilyn mai dyma'r siâp optimaidd i amgáu arwynebedd â pherimedr penodol. Mae'r canlyniad hwn yn ehangu yn naturiol i dri dimensiwn: y sffêr sy'n amgáu'r cyfaint optimaidd ag arwynebedd arwyneb penodol. Caiff hyn ei gadarnhau gan ffurf swigen nwy, sydd, o ganlyniad i ddyhead ffilm sebon i leiafsymio'i egni (neu ei arwynebedd), yn cymryd siâp sffêr perffaith pan fydd mewn cydbwysedd.

Yma, rydym yn ystyried rhaniad optimaidd gwrthrych tri dimensiwn yn ddarnau o'r un maint. Hynny yw, beth yw rhaniad arwynebedd lleiaf gwrthrych â siâp penodol. Er mai ysgogiad mathemategol sydd gennym i ddatrys y broblem hon, gellir ystyried defnydd ymarferol iddi yn ogystal. Er enghraifft, tybiwch fod angen torri deunydd gwerthfawr, megis aur, yn ddarnau o'r un maint a bod torri'r deunydd â llafn yn difrodi'r arwyneb hwnnw. Felly, mae darganfod y toriad arwynebedd lleiaf yn angenrheidiol er mwyn lleiafsymio'r difrod a achosir.

Soniwyd eisoes fod swigen nwy yn datrys y broblem o amgáu cyfaint yn y ffordd fwyaf effeithlon bosib. Gadewch i ni ystyried y posibilrwydd y bydd casgliad o swigod, neu ewyn hylifol (gweler Ffigur 2), yn datrys y broblem o rannu gofod yn fwy nag un rhan yn y ffordd optimaidd. Mae ewynnau hylifol yn cael eu hastudio gan wyddonwyr oherwydd eu strwythur clir-ddiffiniedig, eu priodweddau cymhleth a'r defnydd eang a wneir ohonynt yn ddyddiol. Er enghraifft, maent i'w gweld yn ddomestig mewn llawer o gynhyrchion hylendid personol, bwydydd a diodydd, ac yn ddiwydiannol maent yn hanfodol er mwyn gwella effeithlonrwydd prosesau megis gwahanu mwynau drwy arnofiant ac echdynnu olew o greigiau mandyllog (gweler Weaire a Hutzler, 2000; Cantat et al., 2013). Maent hefyd yn ddefnyddiol i ddatrys problemau mathemategol fel yr un dan sylw yma.



Ffigur 2: Delwedd o ewyn hylifol. Yma, gwelir clwstwr o swigod nwy sy'n amrywiol o ran maint, wedi'u gwahanu gan ffilmiau sebon tenau. Mae'r ffilmiau sebon yn cwrdd bob yn dri mewn ymylon, sy'n cynnwys y rhan fwyaf o hylif yr ewyn. Mae'r ymylon yma'n cwrdd fesul pedwar mewn fertigau.

Mae'r ddelwedd yn Ffigur 2 yn arddangos ewyn hylifol fel casgliad o swigod sydd wedi'u gwahanu gan ffilmiau tenau sy'n cwrdd â'i gilydd mewn ymylon, sy'n cynnwys y rhan fwyaf o'r hylif. Yn y gwaith hwn, byddwn yn ystyried ewynnau sych iawn yn unig, lle mae cynnwys yr hylif yn yr ymylon yn ddim, bron. Yn yr achos hwn, mae siapiau'r swigod yn dynesu tuag at bolyhedrau, a gellid amcangyfrif yr ymylon fel llinellau yn unig. Rydym hefyd yn ystyried ewyn sydd mewn cydbwysedd yn unig, h.y. yn ei gyflwr egnïol isaf. O ganlyniad i leiafsymiad ei egni, mae ei strwythur yn bodloni rheolau mathemategol penodol. Yn gyntaf, mae'r ewyn yn bodloni deddfau Plateau (Plateau, 1873; Taylor, 1976), sy'n nodi bod ei arwynebau'n cwrdd fesul tri mewn llinell ar ongl o 120°°i'w gilydd, a bod yr ymylon hyn yn cwrdd mewn fertig fesul pedwar ar ongl gyfartal oddeutu 109°°i'w gilydd. Yn ail, mae deddf Laplace (neu ddeddf Laplace-Young) yn perthnasu'r gwahaniaeth mewn gwasgedd ar draws arwyneb sy'n perthyn i ddwy swigen gyfagos i grymedd yr arwyneb hwnnw. Ar gyfer ewyn mewn cydbwysedd, mae gan ei arwynebau grymedd cymedrig cyson. Felly, mae ewyn yn offeryn delfrydol ar gyfer datrys y broblem dan sylw.

Mae'r broblem o rannu gofod yn rhaniadau o'r un cyfaint gan ddefnyddio'r arwynebedd lleiaf posib wedi bod o ddiddordeb i fathemategwyr ers dros ganrif bellach. Cynigiodd yr Arglwydd Kelvin ddatrysiad 'nôl yn 1887 (Thomson, 1887), a daeth y broblem i gael ei hadnabod fel problem Kelvin byth ers hynny (Weaire, 1994). Roedd ei ddatrysiad yn cynnwys celloedd oedd i gyd o'r un siâp, sef y tetracaidecahedron, sydd â chwe wyneb pedrochrog ac wyth wyneb hecsagonol. Dyma'r datrysiad arwynebedd lleiaf a ddarganfuwyd am dros ganrif, nes i Weaire a Phelan ddarganfod un ag arwynebedd llai yn 1993 (Weaire a Phelan, 1993). Roedd eu rhaniad hwy o'r gofod yn cynnwys cell uned ag wyth swigen o ddau dopoleg wahanol: un yn ddodecahedron afreolaidd ag wynebau pentagonol a'r llall yn detracaidecahedron â dau wyneb hecsagonol a deuddeg wyneb pentagonol. Daeth y strwythur hwn, ewyn Weaire-Phelan fel y'i gelwir, i amlygrwydd ehangach yn 2008 wedi iddo gael ei ddefnyddio yn nyluniad arena nofio drawiadol Gemau Olympaidd Tsieina. Hyd heddiw, nid oes neb wedi llwyddo i lunio prawf mathemategol ar gyfer datrysiad optimaidd problem Kelvin.

Gan fod darganfod y datrysiad optimaidd ar gyfer y broblem, a'i brofi'n fathemategol, yn gymhleth iawn, mae'n synhwyrol ceisio symleiddio'r broblem i ddechrau. Er mwyn gwneud hyn, mae llawer yn y gorffennol wedi lleihau'r broblem i ddau ddimensiwn. Eto, gellid defnyddio ewyn i ddatrys y broblem honno, gan ei gyfyngu i un haenen o swigod rhwng dau blât gwydr. Yma, o edrych yn berpendicwlar ar y ddau blât a'r haenen swigod, mae arwynebau'r ewyn yn lleihau yn rhwydwaith o ymylon, a'r ymylon mewn tri dimensiwn yn lleihau yn fertigau mewn dau ddimensiwn a chyfeintiau'r swigod yn lleihau yn arwynebeddau. Mae'r deddfau mathemategol sy'n cael eu bodloni gan strwythur yr ewyn hefyd yn lleihau'n naturiol i ddau ddimensiwn; yn yr achos hwn arcau cylchol sy'n cwrdd fesul tri mewn fertig ar ongl o 120°°i'w gilydd yw'r ymylon. Y nod yw defnyddio ewyn â swigod o'r un maint er mwyn darganfod y trefniant sydd â'r perimedr lleiaf. Profwyd mai'r crwybr hecsagonol yw'r trefniant optimaidd ar gyfer swigod sy'n llenwi'r plân (Alfaro et al., 1993). Yn fanwl gywir, nid oes prawf dadansoddol ar gyfer hyn, ond drwy ddefnyddio efelychiadau rhifiadol, dangoswyd mai dyma'r datrysiad optimaidd mwyaf tebygol.

Er mwyn symleiddio'r broblem ymhellach, mae nifer wedi ceisio darganfod y datrysiad optimaidd ar gyfer nifer fach o raniadau. Mae profion mathemategol wedi'u llunio ar gyfer

tair swigen neu lai, gweler (Alfaro et al., 1990; Morgan, 1994; Morgan, 2000; Wichiramala, 2004; Canete a Ritore, 2004). Er enghraifft, profwyd mai'r datrysiad mwyaf effeithlon o amgáu dau raniad hafal o ofod yw'r datrysiad `dwy swigen safonol'. Ar gyfer mwy o swigod, does dim prawf mathemategol hyd yma, ond mae nifer o ddyfaliadau wedi'u cynnig, gan ddefnyddio dulliau rhifiadol i'w cefnogi (Cox et al., 2003; Cox a Graner, 2003; Cox, 2006; Heppes a Morgan, 2005). Er enghraifft, defnyddiodd Cox et al. (2003) efelychiadau rhifiadol oedd yn rhoi shifflad i glwstwr o swigod. Golyga hyn eu bod yn neidio o un trefniant i un arall o ganlyniad i newidiadau topolegol, a mesurwyd cyfanswm hyd y strwythur ar gyfer pob trefniant.

Yn y gwaith uchod, mae perimedr y gofod sy'n cael ei rannu gan y swigod yn rhydd i gymryd unrhyw ffurf. Gellir symleiddio'r broblem ymhellach trwy roi cyfyngiad ar siâp y perimedr hwn. Mae dyfaliadau ar gyfer rhaniadau gorau'r cylch wedi'u cynnig gan lawer, gweler er enghraifft (Canete a Ritore, 2004; Cox, 2006; Tomonaga, 1974; Bleicher, 1987; Cox a Flikkema, 2010). Yn ychwanegol at hyn, mae dyfaliadau wedi'u cynnig ar gyfer rhaniadau gorau'r sgwâr a'r triongl hafalochrog (ar gyfer chwech neu lai o swigod yn unig) (Tomonaga, 1974; Bleicher, 1987; Cox a Flikkema, 2010). Mewn tri dimensiwn, mae gwaith eisoes wedi'i wneud i ddarganfod rhaniadau mwyaf effeithlon y sffêr a'r ciwboid (Almgren a Taylor, 1976; Hales, 2002; Engelstein, 2010; Goldberg, 1934). Bu i Ros (2005) ddarganfod datrysiadau'r arwynebedd lleiaf ar gyfer rhannu'r sffêr, y ciwb a'r silindr yn ddwy ran â'r un cyfaint. Ar gyfer y silindr, enrhifodd ddau ddatrysiad posib, yn ddibynnol ar faint y gymhareb rhwng radiws ac uchder y silindr. Ar gyfer silindr â radiws bach o'i gymharu â'i uchder, cafwyd rhaniad optimaidd drwy leoli cylch llorweddol hanner ffordd i fyny'r silindr. Ar gyfer silindr byr o ran uchder ond â radiws mawr, mae'r rhaniad optimaidd yn cael ei gyflawni gan ffilm betryal fertigol sy'n rhyngdorri diamedr y silindr. Yma, byddwn yn ychwanegu at y gwaith hwn drwy ystyried y broblem gyfatebol ar gyfer rhannu'r silindr yn dair rhan gyfartal.

2. Dull

Er mwyn darganfod datrysiadau'r arwynebedd lleiaf ar gyfer rhannu'r silindr yn dair rhan, rydym yn dechrau drwy enrhifo a dadansoddi'r holl ddatrysiadau sy'n bosib. Er enghraifft, gellir ystyried datrysiadau lle nad yw'r arwynebau'n rhyngdorri o gwbl, yna rhai lle mae arwynebau'n cwrdd mewn llinell bob yn dri. Er mwyn gwirio a chymharu'r datrysiadau hyn, rydym yn defnyddio'r pecyn meddalwedd Surface Evolver (Brakke, 1992), a ddefnyddir yn eang i efelychu ewynnau ac esblygu arwynebau yn rhai minimol. Yn syml, mae'r meddalwedd yn lleiafsymio egni casgliad o arwynebau yn rhifiadol, yn ôl cyfyngiadau penodol, ac felly'n ddelfrydol ar gyfer ceisio datrys y broblem dan sylw.

Ar gyfer pob datrysiad posib, rydym yn adeiladu strwythur cychwynnol syml sydd â thopoleg sy'n cyfateb iddo. Rydym yn bwydo'r wybodaeth i'r Surface Evolver ar ffurf ffeil destun sy'n cynnwys rhestr o fertigau, ymylon, arwynebau a chellgyrff (y swigod). Yn fanylach, mae rhestr y fertigau'n cynnwys label a roddir i bob un ohonynt yn ogystal â gwerthoedd y cyfesurynnau Cartesaidd *(x, y, z)* sydd ganddynt. Rhestrir yr ymylon drwy roi label iddynt a nodi pa ddwy fertig maent yn eu cysylltu, yn ôl eu trefn. Yna rydym yn enrhifo'r arwynebau, â phob un yn cynnwys cyfres o ymylon wedi'u trefnu i greu dolen gaeedig. Yn olaf, rydym yn enrhifo'r celloedd, neu'r swigod, sy'n cynnwys gwybodaeth am ba arwynebau sy'n amgáu eu cyfaint. Yna, rydym yn gosod cyfyngiadau ar y

strwythur. Diffinnir siâp y silindr â dwy sail lorweddol, $z = 0$ a $z = u$, lle mae u yn dynodi uchder y silindr, yn ogystal â wal grom, $x^2 + y^2 = r_s^2$, lle mae r_s yn dynodi radiws y silindr. Cyfaint y silindr yw arwynebedd y cylch sy'n sail iddo, $2\pi r_s^2$, wedi'i luosi â'i uchder, u. Cyfyngir cyfeintiau'r swigod i draean cyfaint y silindr, sef $2\pi r_s^2 u/3$. Mae arwynebau sy'n cwrdd â waliau'r silindr yn cael eu gorfodi i aros mewn cyswllt â'r waliau hyn, ond maent yn rhydd i lithro ar eu hyd. Yn olaf, mae arwyneb yr ewyn yn cael ei driongli'n fân er mwyn sicrhau cywirdeb da i'r datrysiadau.

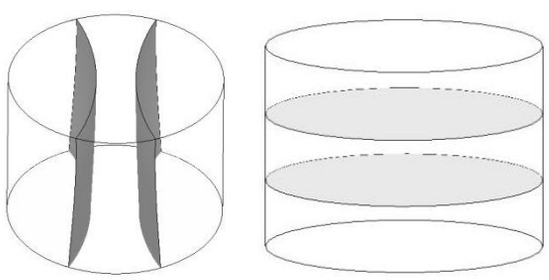
Mae arwynebedd y strwythur yn cael ei leiafsymio drwy ddefnyddio dull disgyniad graddiant, lle mae'r arwynebau'n cael eu hesblygu'n araf nes cyrraedd minimwm lleol. Ar ôl cyrraedd y minimwm hwn, rydym yn cofnodi arwynebedd y datrysiad, sef cyfanswm arwynebedd trionglau'r arwynebau. Rydym yn ailadrodd y broses hon gan amrywio uchder, u, y silindr ychydig bob tro gan gadw'r radiws yn gyson, $r_s = 1$. Felly, mae pob datrysiad terfynol yn cynnig minima lleol ar gyfer yr arwynebedd yn unig. Byddwn yn ailadrodd y broses hon ar gyfer pob datrysiad dichonadwy ac yna'n cymharu'r holl finima lleol â'i gilydd er mwyn darganfod y minima absoliwt.

3. Rhannu'r silindr yn dair rhan

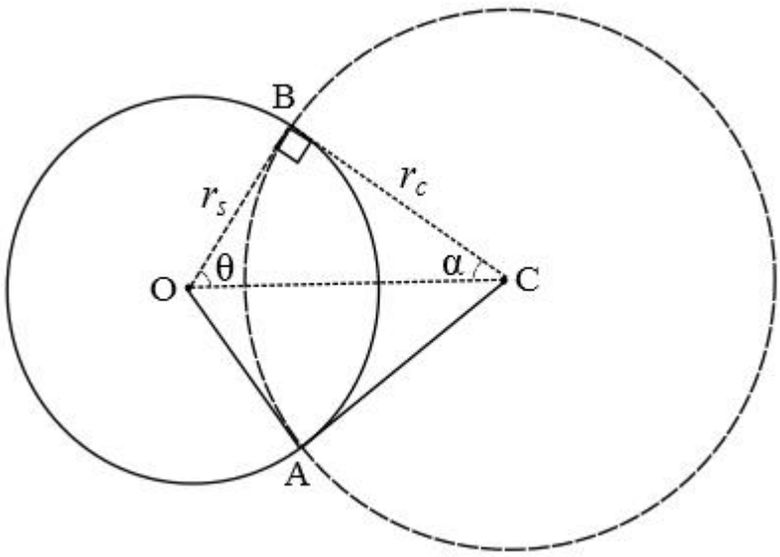
Mae llawer o ddatrysiadau posib ar gyfer y broblem o rannu siâp tri dimensiwn fel silindr yn dair rhan gyfartal. Fel y soniwyd yn Rhan 1, mae'n rhaid i siâp a thopoleg arwynebau'r datrysiadau arwynebedd lleiaf fodloni deddfau Plateau a Laplace-Young. Mae gan yr arwynebau grymedd cymedrig cyson ac maent yn cwrdd â waliau'r silindr ar ongl sgwâr. Yn y rhan hon, byddwn yn dadansoddi'r datrysiadau arwynebedd lleiaf ar gyfer rhannu'r silindr yn dair rhan, yn gyntaf drwy ddefnyddio dau arwyneb sydd ddim yn croestorri, ac yna dri arwyneb sy'n cwrdd â'i gilydd mewn llinell.

3.1 Rhannu'r silindr â dau arwyneb sydd ddim yn croestorri

Efallai mai'r ffordd symlaf o rannu silindr yn dair rhan â chyfeintiau cyfartal yw drwy ddefnyddio dau arwyneb sydd ddim yn croestorri ei gilydd. Mae llawer o'r datrysiadau lle bodlonir yr amod hon yn rhai sy'n amlwg ag arwynebeddau mawr, er enghraifft, rhai sy'n cynnwys ffurf tiwbiau neu doroidiau. Caiff y rhain eu diystyru'n syth gan y byddai'n bosib i'r arwynebau leihau eu harwynebedd drwy gyffwrdd ag un o waliau'r silindr. Gellir diddwytho gweddill y datrysiadau posib drwy rannu'r silindr yn ddwy ran i ddechrau, un rhan â chyfaint $2\pi r_s^2 u/3$ a'r llall â chyfaint $\pi r_s^2 u/3$. Er mwyn darganfod datrysiadau ar gyfer rhannu'r silindr yn dair rhan, rydym yn ystyried y cyfuniadau posib ar gyfer parau o'r datrysiadau yma. Trwy gyfuno dau ddatrysiad, rydym yn rhannu'r rhaniad mwyaf yn y datrysiad cyntaf gan ddefnyddio'r arwyneb yn yr ail ddatrysiad. Trwy wneud hyn, a defnyddio'r Surface Evolver i wirio pob cyfuniad, gellir diddwytho mai'r unig ddau ddatrysiad dichonadwy yw'r rhai a ddangosir yn Ffigur 3:



Ffigur 3: Datrysiadau arwynebedd lleiaf posib ar gyfer rhannu silindr yn dair rhan gan ddefnyddio dau arwyneb sydd ddim yn croestorri



Ffigur 4: Darganfod arwynebedd yr arwynebau i'r rhaniad a ddangosir yn Ffigur 3(a) drwy leihau'r broblem i ddau ddimensiwn. Yma dangosir sail y silindr, â radiws a chanol O, yn ogystal â chylch dychmygol, â chanol C a radiws , sy'n dynodi siâp arc cylch a wna un arwyneb sy'n croestorri'r silindr yn Ffigur 3(a).

Dilyna'r datrysiadau hyn yn naturiol o'r datrysiadau arwynebedd lleiaf a ddarganfuwyd gan Ros (2005) ar gyfer rhannu'r silindr yn ddwy ran gyfartal. Gellid darganfod arwynebedd y datrysiadau hyn yn ddadansoddol. Er mwyn cyfrifo arwynebedd y rhaniad a ddangosir yn Ffigur 3(a), mae'n synhwyrol lleihau'r broblem i ddau ddimensiwn i ddechrau, gan fod siâp yr arwynebau'n unffurf yn y cyfeiriad fertigol. Mae Ffigur 4 yn dangos sail y silindr, sydd â chanol O a radiws r_s, yn ogystal â sail un o'r arwynebau sy'n ei rannu, sy'n arc cylch â chanol C a radiws r_c. Mae'r onglau θ ac α yn Ffigur 4 yn dynodi'r onglau rhwng yr echelin lorweddol a'r pwyntiau lle mae'r ddau gylch yn rhyngdorri, parthed y pwyntiau O a C yn ôl eu trefn. Gwyddom fod arwynebedd y gorgyffyrddiad rhwng sectorau'r ddau gylch yn y diagram yn hafal i draean arwynebedd sail y silindr, sef $2\pi r_s^2 u/3$. Mae rhannu'r croestoriad hwn yn ddau segment, drwy dynnu llinell syth o A i B, a defnyddio'r fformiwla ar gyfer arwynebedd segment cylch, yn rhoi'r hafaliad canlynol:

$$\left(\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right) r_s^2 + \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2}\right) r_c^2 = \frac{\pi}{3} r_s^2 \qquad (3)$$

Trwy ystyried y triongl OBC yn Ffigur 4, gwyddom fod swm ei onglau (mewn radiannau) yn hafal i π, ac felly mae $\alpha = \frac{\pi}{2} - \theta$. Gan ddal i ystyried y triongl OBC, gallwn ddefnyddio trigonometreg elfennol, gan nodi fod tangiad yr ongl θ yn hafal i'r gymhareb rhwng hyd yr ochr gyferbyn (r_c) a hyd yr ochr gyfagos (r_s), hynny yw $r_c = r_s \tan \theta$. Mae hyn yn rhoi hafaliad (3) yn nhermau θ ac r_s yn unig:

$$\left(\theta - \frac{sin\, 2\theta}{2}\right) r_s^2 + \left(\frac{\pi}{2} - \theta - \frac{sin\, 2\theta}{2}\right) r_s^2 \, tan^2\, \theta = \frac{\pi}{3} r_s^2 \qquad (4)$$

Gellir datrys yr hafaliad uchod yn rhifiadol, er enghraifft drwy ddefnyddio'r dull dwyrannu neu ddull Newton. Trwy wneud hyn, cawn mai gwerth θ yw 1.17383 radian, yn gywir i

bum lle degol. Felly, gwerth radiws yr arwyneb sy'n rhyngdorri'r silindr, yn nhermau radiws y silindr, yw $r_c = r_s \tan(1.17383) = 2.38538\, r_s$. Felly, rydym yn diddwytho mai hyd sail, *h*, un o'r arwynebau sy'n cydrannu'r silindr yw

$$\boldsymbol{h = 2\alpha r_c = 2\left(\frac{\pi}{2} - 1.17383\right) 2.38538 r_s = 1.89383 r_s.} \quad (5)$$

Felly, arwynebedd yr arwynebau sy'n cydrannu'r silindr yn Ffigur 3(a) yw

$$\boldsymbol{Arwynebedd = 2hu = 3.78766 r_s u.} \quad (6)$$

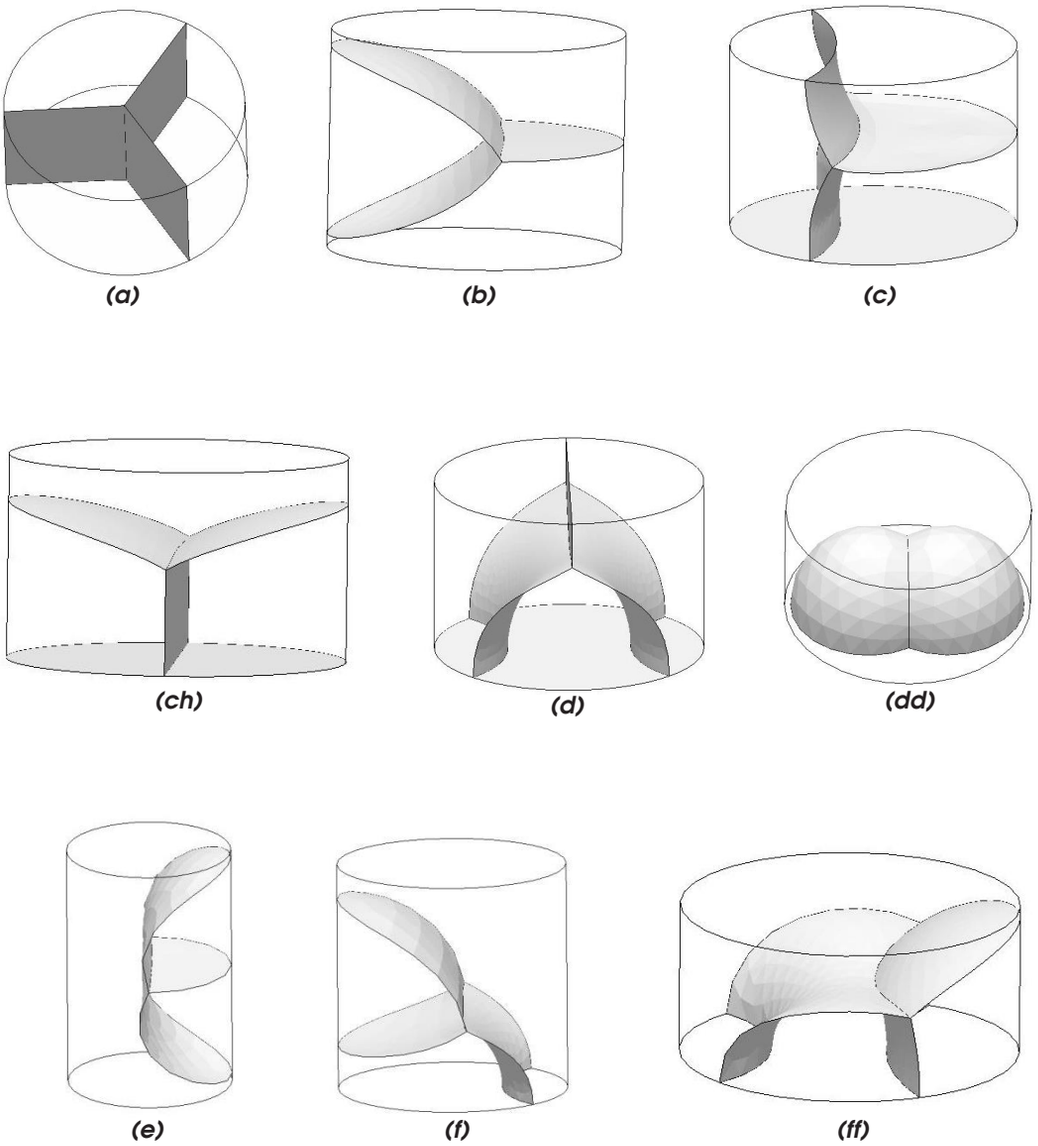
Ar gyfer rhannu'r silindr â dwy ddisg gron, fel yn Ffigur 3(b), arwynebedd y rhaniad yw $2\pi r_s^2$. Felly, mae'r ddau ddatrysiad yn Ffigur 3 â'r un arwynebedd pan mae $3.78766 r_s u = 2\pi r_s^2$, hynny yw, pan mae $u/r_s = \pi/1.89383$. Felly, os yw cymhareb agwedd y silindr, u/r_s, yn fwy na $\pi/1.89383$, y datrysiad optimaidd ar gyfer arwynebau sydd ddim yn croestorri yw'r un a ddangosir yn Ffigur 3(a). Os yw'r gymhareb yn llai na $\pi/1.89383$, yna'r datrysiad optimaidd yw'r un a ddangosir yn Ffigur 3(b).

3.2 Rhannu'r silindr yn dair rhan gan ddefnyddio arwynebau sy'n croestorri

Rydym nawr yn ystyried datrysiadau'r arwynebedd lleiaf ar gyfer rhannu'r silindr yn dair rhan, gan ganiatáu i'r arwynebau gyffwrdd mewn llinell. Fel yn y rhan flaenorol, bydd yr arwynebau'n bodloni rheolau mathemategol Plateau a Laplace-Young. Mae eto'n bosib i'r arwynebau fodloni'r rheolau hyn a chael ffurf debyg i diwbiau neu doroidiau. Felly, fel yn Rhan 3.1, bydd datrysiadau o'r fath yn cael eu diystyru gan y byddai'r arwynebau'n lleihau eu harwynebedd drwy gyffwrdd â waliau'r silindr neu ag arwyneb arall. Gall unrhyw ddatrysiadau lle nad yw'r arwynebau'n cyffwrdd â waliau'r silindr hefyd gael eu diystyru am yr un rheswm. Mae gennym felly'r amod fod yn rhaid i bob arwyneb gyffwrdd â wal y silindr er mwyn i'r datrysiad gael ei ystyried fel un optimaidd. Darganfuwyd naw datrysiad posib lle bodlonir yr amod hwn yn ogystal â deddfau Plateau a Laplace-Young. Defnyddiwyd y Surface Evolver i leiafsymio arwynebedd y datrysiadau hyn, a gwelir delweddau a disgrifiad geiriol ohonynt yn Ffigur 5. Yn y rhan fwyaf o achosion, mae'n anodd cyfrifo arwynebedd yr arwynebau yn ddadansoddol. O'r naw datrysiad, dim ond arwynebedd y datrysiad a ddangosir yn Ffigur 5(a) sy'n hawdd i'w gyfrifo: mae ganddo arwynebedd sy'n hafal i $3r_s u$. Ar gyfer gweddill y datrysiadau, rydym yn defnyddio'r Surface Evolver er mwyn cyfrifo'u harwynebedd yn rhifiadol. Gallwn wneud hyn ar gyfer yr holl werthoedd dichonadwy ar gyfer cymhareb agwedd y silindr.

Trwy leiafsymio arwynebedd y datrysiadau a ddangosir yn Ffigurau 5(dd) i 5(ff) yn y Surface Evolver, dangoswyd eu bod yn rhai annichonadwy ar gyfer pob gwerth o'r uchder u. Ym mhob un o'r achosion yma, roedd yr arwynebau'n ansefydlogi a'u trefniant yn newid i ffurf datrysiad arall. Ar y llaw arall, mae'r datrysiadau a ddangosir yn Ffigurau 5(a) i 5(d) yn rhai dichonadwy ar gyfer rhai gwerthoedd o'r gymhareb agwedd. Rhoddir arwynebedd y datrysiadau dichonadwy, gydag amrywiaeth uchder y silindr, u, ($0.5 \leq u \leq 4$) ar gyfer radiws, $r_s = 1$, yn Nhabl 1.

Gadewch i ni ddadansoddi'r data ar gyfer holl werthoedd cymhareb agwedd y silindr. Y peth cyntaf i'w nodi yw fod arwynebedd y datrysiad a roddir yn Ffigur 5(d) bob amser yn fwy nag arwynebedd datrysiad 5(a). Felly, rydym yn diddwytho na all datrysiad 5(d) byth fod yn rhaniad arwynebedd lleiaf o'r silindr. Hynny yw, minima lleol yn unig a roddir gan y

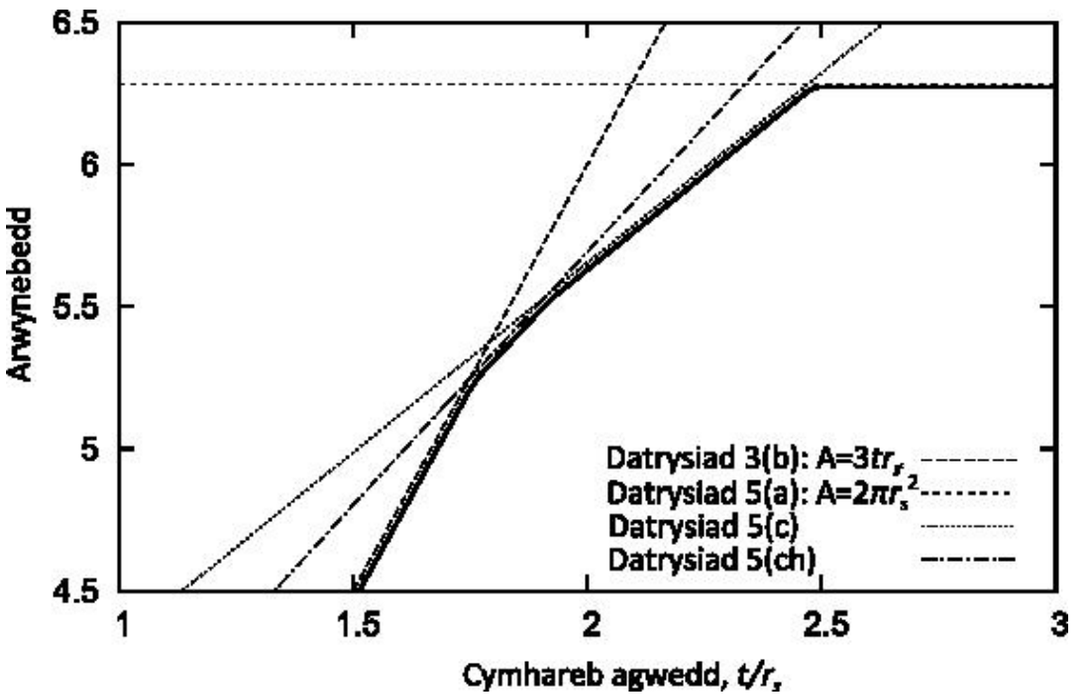


Ffigur 5: Rhaniad y silindr yn dair rhan gan ddefnyddio arwynebau sy'n cwrdd â'i gilydd yn ôl deddfau Plateau a Laplace-Young: (a) Tri phlân yn cwrdd mewn llinell fertigol sy'n normal i ganol sail y silindr. (b) Plân fflat hanner ffordd i fyny'r silindr yn cwrdd â dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd waliau cyferbyn y silindr. (c) Dau arwyneb crwm, y naill a'r llall yn cyffwrdd seiliau gwahanol i'r silindr, ac yn cwrdd ag un plân llorweddol yn y canol. (ch) Plân fertigol sy'n cyffwrdd sail y silindr ac yn cwrdd â dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd ochrau cyferbyn o'r silindr. (d) Plân fertigol yn deillio o ddiamedr sail y silindr ac yn cyffwrdd â dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd y sail gyferbyn. (dd) Plân hanner cylch fertigol yn cwrdd â dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd â'r un sail. (e) Plân llorweddol yn hanner uchder'r silindr yn cwrdd â dau arwyneb sy'n cyffwrdd wal y silindr ar yr un ochr. (f) Dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd yr un ochr i'r silindr ac yn cwrdd ag arwyneb sy'n cyffwrdd sail y silindr. (ff) Arwyneb crwm sy'n cyffwrdd wal y silindr a hefyd yn cyffwrdd dau arwyneb crwm arall sy'n cyffwrdd sail y silindr.

Uchder, *u*	Ffigur 3(a)	Ffigur 3(b)	Ffigur 5(a)	Ffigur 5(b)	Ffigur 5(c)	Ffigur 5(ch)	Ffigur 5(d)
0.5	1.893830	6.283185	**1.500000**		3.014361	3.666417	
0.6	2.272596	6.283185	**1.800000**		3.195200	3.799971	
0.7	2.651362	6.283185	**2.100000**		3.376232	3.933593	
0.8	3.030128	6.283185	**2.400000**		3.557178	4.067354	3.419095
0.9	3.408894	6.283185	**2.700000**		3.738154	4.201096	3.700903
1	3.787660	6.283185	**3.000000**		3.919057	4.334806	3.971647
1.1	4.166426	6.283185	**3.300000**		4.099438	4.468229	4.231254
1.2	4.545192	6.283185	**3.600000**	5.603333	4.279548	4.601567	4.483841
1.3	4.923958	6.283185	**3.900000**	5.709740	4.459236	4.734937	4.724978
1.4	5.302724	6.283185	**4.200000**	5.810351	4.638812	4.868398	4.951667
1.5	5.681490	6.283185	**4.500000**	5.905501	4.818173	5.001911	5.170003
1.6	6.060256	6.283185	**4.800000**	5.995413	4.997005	5.135448	5.378503
1.7	6.439022	6.283185	**5.100000**	6.080434	5.175481	5.268994	5.569775
1.8	6.817788	6.283185	5.400000	6.160674	**5.353424**	5.402540	
1.9	7.196554	6.283185	5.700000	6.236192	**5.531002**	5.536087	
2	7.575320	6.283185	6.000000	6.306973	5.708196	**5.669635**	
2.1	7.954086	6.283185	6.300000	6.372841	5.884853	**5.803182**	
2.2	8.332852	6.283185	6.600000	6.433624	6.060788	**5.936730**	
2.3	8.711618	6.283185	6.900000	6.489277	6.236044	**6.070277**	
2.4	9.090384	6.283185	7.200000	6.539608	6.410472	**6.203824**	
2.5	9.469150	**6.283185**	7.500000	6.585124	6.583964	6.337372	
2.6	9.847916	**6.283185**	7.800000	6.621518	6.756342	6.470919	
2.7	10.22668	**6.283185**	8.100000	6.647605	6.927350	6.604467	
2.8	10.60545	**6.283185**	8.400000		7.096405	6.738015	
2.9	10.98421	**6.283185**	8.700000		7.263400	6.871562	
3	11.36298	**6.283185**	9.000000		7.427599	7.005109	
3.1	11.74175	**6.283185**	9.300000		7.587997	7.138657	
3.2	12.12051	**6.283185**	9.600000		7.742584	7.272204	
3.3	12.49928	**6.283185**	9.900000		7.887572	7.405752	
3.4	12.87804	**6.283185**	10.20000		8.011509	7.539299	
3.5	13.25681	**6.283185**	10.50000			7.672846	
3.6	13.63558	**6.283185**	10.80000			7.806394	
3.7	14.01434	**6.283185**	11.10000			7.939941	
3.8	14.39311	**6.283185**	11.40000			8.073489	
3.9	14.77187	**6.283185**	11.70000			8.207036	
4	15.15064	**6.283185**	12.00000			8.340583	

Tabl 1: Arwynebedd y rhaniadau posib ar gyfer silindr â radiws, $r_s = 1$ ***, ac uchder,*** u ***. Rhoddir y datrysiad optimaidd ym mhob achos mewn teip trwm.***

datrysiad hwn. Ar gyfer gwerthoedd o gymhareb agwedd y silindr lle mae datrysiad 5(b) yn ddichonadwy, mae cyfanswm ei arwynebedd bob amser yn fwy nag arwynebedd datrysiad 5(ch). Felly, ni all datrysiad 5(b) chwaith fod yn ddatrysiad optimaidd ar gyfer rhannu'r silindr yn dair rhan. Gallwn ddiddwytho o'n canlyniadau ar gyfer rhaniadau o'r silindr yn dair rhan sy'n cynnwys arwynebau'n rhyngdorri mai datrysiad 5(a) yw'r un optimaidd ar gyfer gwerthoedd o'r gymhareb agwedd yn y cyfwng $0.5 < u/r_s < 1.7$. Datrysiad 5(c) sydd â'r arwynebedd lleiaf pan mae'r gymhareb agwedd yn y cyfwng $1.8 < u/r_s < 1.9$ a datrysiad 5(ch) yw'r un optimaidd pan mae'r gymhareb agwedd yn y cyfwng $2 < u/r_s < 4$.



Ffigur 6: Arwynebedd y rhaniadau ar gyfer datrysiadau dichonadwy i'r broblem o rannu silindr yn dair rhan â chyfeintiau cyfartal. Amrywir y gymhareb agwedd (uchder, u / radiws, r_s) a chyfrifir cyfanswm arwynebedd yr arwynebau, A, yn rhifiadol gan Surface Evolver.

3.3 *Cymharu'r holl ddatrysiadau*

Trwy gymharu'r holl ddatrysiadau, gallwn ddarganfod y datrysiad sydd â'r arwynebedd lleiaf, y minima absoliwt, ar gyfer holl werthoedd cymhareb agwedd y silindr. Mae'n amlwg fod gan ddatrysiad 5(a) arwynebedd llai na'r datrysiad a welir yn Ffigur 3(a) ar gyfer holl werthoedd y gymhareb gan fod $3r_s u < 3.78766 r_s u$. Mae'r datrysiad 'dwy ddisg' a welir yn Ffigur 3(b) yn ddatrysiad optimaidd pan mae'r holl arwynebeddau eraill yn fwy na $2\pi r_s^2$, ac mae hyn yn wir ar gyfer gwerthoedd o'r gymhareb agwedd sydd oddeutu 2.5 a mwy. Mae plotio'r data ar ffurf graff yn hwyluso'r broses o ddarganfod y datrysiad optimaidd ar gyfer holl werthoedd y gymhareb agwedd. Rhoddir arwynebedd y datrysiadau'n llawn yn Ffigur 6 uchod.

Darganfuwyd bod arwynebedd yr arwynebau yn natrysiadau 3(b) a 5(ch) yr un maint pan mae'r gymhareb agwedd $u/r_s = 2.4594$, yn gywir i bedwar lle degol. Gwelir o Ffigur

6 mai'r datrysiad lle mae tri phlân fflat yn cwrdd mewn llinell i lawr canol y silindr, Ffigur 5(a), yw'r datrysiad optimaidd ar gyfer $0 < u/r_s < 1.7619$. Ar gyfer $1.7619 < u/r_s < 1.9116$, y datrysiad sydd â'r arwynebedd lleiaf yw'r un lle mae un plân llorweddol wedi'i leoli hanner ffordd i fyny'r silindr yn cwrdd â dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd seiliau cyferbyn (fel a ddangosir yn Ffigur 5(c)). Pan mae'r gymhareb agwedd yn y cyfwng $1.9116 < u/r_s < 2.4954$, y datrysiad a ddangosir yn Ffigur 5(ch), lle mae un plân yn cyffwrdd diamedr y silindr ac yn cwrdd â dau arwyneb crwm sy'n cyffwrdd ochrau'r silindr, yw'r un â'r arwynebedd lleiaf. Yn olaf, y datrysiad a ddangosir yn Ffigur 3(b), lle rhennir y silindr gan ddwy ddisg yw'r un optimaidd ar gyfer gweddill gwerthoedd y gymhareb agwedd, hynny yw $u/r_s > 2.4954$.

4. Casgliad

Mae pedwar datrysiad arwynebedd lleiaf yn bodoli ar gyfer y broblem o rannu'r silindr yn dair rhan gyfartal. Mae'r datrysiad optimaidd yn ddibynnol ar werth cymhareb agwedd y silindr, hynny yw'r gymhareb rhwng ei uchder a'i radiws. Mae'r datrysiad cyntaf yn un lle mae tri phlân yn cwrdd mewn llinell i lawr echelin yng nghanol y silindr ac mae'n optimaidd pan mae'r gymhareb agwedd yn llai na 1.7619 (i 4 lle degol). Mae'r ail ddatrysiad posib â dau arwyneb crwm, un o bob sail y silindr, yn cwrdd â phlan llorweddol yng nghanol y silindr. Dyma'r datrysiad optimaidd pan mae'r gymhareb agwedd rhwng 1.7619 ac 1.9116. Yn y trydydd datrysiad, mae dau arwyneb crwm yn cyffwrdd ochrau cyferbyn i'r silindr ac yn cwrdd â phlân fertigol sy'n cyffwrdd sail y silindr yn ei ddiamedr. Y datrysiad hwn yw'r un optimaidd pan mae'r gymhareb agwedd rhwng 1.9116 a 2.4594. Mae'r datrysiad olaf yn defnyddio dwy ddisg lorweddol, wedi'u lleoli ar uchder o draean uchder y silindr, $u/3$ a dau draean ei uchder, $2u/3$, er mwyn ei rannu'n dair rhan. Dyma'r datrysiad optimaidd pan mae'r gymhareb agwedd yn fwy na 2.4594 (i 4 lle degol).

Felly, rydym wedi darganfod y datrysiad optimaidd ar gyfer rhannu silindr yn dair rhan gyfartal ar gyfer pob gwerth o'i gymhareb agwedd. Mae llawer o broblemau diddorol cysylltiedig yn dal heb eu datrys. Er enghraifft, gellid ceisio rhannu'r silindr yn fwy o rannau. Byddai angen ystyried llawer mwy o ddatrysiadau posib yn yr achos hwn ac mae'n debyg y bydd y rhaniadau'n rhai mwy cymhleth. Er mwyn enrhifo'r datrysiadau hynny, byddai'n gwneud synnwyr grwpio'r datrysiadau fel a ganlyn:

a) datrysiadau sy'n defnyddio arwynebau sydd ddim yn croestorri;
b) datrysiadau sy'n cynnwys tri arwyneb sy'n cwrdd mewn llinell;
c) datrysiadau sy'n cynnwys pedair llinell sy'n cwrdd mewn fertig gydag ongl detrahedrol rhwng pob un ohonynt.

Yn ychwanegol at hyn, mae llawer mwy o waith i'w wneud os ydym am enrhifo datrysiadau ar gyfer rhannu'r silindr yn rhannau â chyfeintiau gwahanol. Mae gwaith pellach hefyd i'w wneud er mwyn darganfod rhaniadau arwynebedd lleiaf siapiau gwahanol, er enghraifft ciwb neu brism. Byddem yn argymell defnyddio'r Surface Evolver er mwyn darganfod datrysiadau'r arwynebedd lleiaf yn yr achosion uchod.

Cydnabyddiaeth

Hoffem ddiolch i Ken Brakke am ddatblygu a chefnogi'r Surface Evolver. Hoffai Tudur Davies gydnabod cefnogaeth ariannol y Coleg Cymraeg Cenedlaethol.

Llyfryddiaeth

Alfaro, M., Brock, J., Foisy, J., et al. (1990), 'Compound soap bubbles in the plane. SMALL Geometry Group', traethawd PhD, Williams College, Williamstown, MA.

Alfaro, M., Brock, J., Foisy, J., et al. (1993), 'The standard double soap bubble in R^2 uniquely minimizes perimeter', *Pacific Journal of Mathematics*, 159, 47–59.

Almgren, F. a Taylor, J. (1976), 'The geometry of soap films and soap bubbles', *Scientific American*, 82–93.

Bleicher, M. N. (1987), 'Isoperimetric divisions into several cells with natural boundary', *Intuitive Geometry, Colloquia Mathematica Societatis János Bolyai*, 48, 63–84.

Brakke, K. (1992), 'The Surface Evolver', *Experimental Mathematics*, 1, 141–52.

Canete, A. a Ritore, M. (2004), 'Least-perimeter partitions of the disk into three regions of given areas', *Indiana University Mathematics Journal*, 53, 883–904.

Cantat, I., Cohen-Addad, S., Elias, F., et al. (2013), *Foams Structure and Dynamics* (Oxford: Oxford University Press).

Cox, S. J. (2006), 'Calculations of the minimal perimeter for n deformable cells of equal area confined in a circle', *Philosophical Magazine Letters*, 86, 569–78.

Cox, S. J. a Flikkema, E. (2010), 'The minimal perimeter for N confined deformable bubbles of equal area', *The Electronic Journal of Combinatorics*, 17, R45.

Cox, S. J. a Graner, F. (2003), 'Large two-dimensional clusters of equal-area bubbles', *Philosophical Magazine*, 83, 2573–84.

Cox, S. J., Graner, F., Vaz, M. F., et al. (2003), 'Minimal perimeter for n identical bubbles in two dimensions: calculations and simulations', *Philosophical Magazine*, 83, 1393–1406.

Engelstein, M. (2010), 'The least-perimeter partition of a sphere into four equal areas', *Discrete & Computational Geometry*, 44, 645–53.

Goldberg, M. (1934), 'The isoperimetric problem for polyhedra', *Tohoku Mathematical Journal*, 40, 226–36.

Hales, T. C. (2002), 'The honeycomb conjecture on the sphere', arXiv:math/0211234.

Heppes, A. a Morgan, F. (2005), 'Planar clusters and perimeter bounds', *Philosophical Magazine*, 85, 1333–45.

Morgan, F. (1994), 'Mathematicians, including undergraduates, look at soap bubbles', *The American Mathematical Monthly*, 101, 343–51.

Morgan, F. (2000), *Geometric Measure Theory* (Williamstown, MA: Academic Press).

Plateau, J. A. F. (1873), *Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires* (Paris: Gauthier-Villars).

Ros, A. (2005), 'The isoperimetric problem', yn Hoffman, D. (gol.), *Global Theory of Minimal Surfaces, Clay Mathematics Proceedings, Volume 2*, tt.175–209 (Cambridge, MA: American Mathematical Society).

Taylor, J. E. (1976), 'The structure of singularities in soap-bubble-like and soap-film-like minimal surfaces', *Annals of Mathematics*, 103, 489–539.

Tomonaga, Y. (1974), 'Geometry of Length and Area', traethawd PhD, Utsonomiya University, Tokyo.

Thomson, W. (1887), 'On the division of space with minimum partitional area', *Philosophical Magazine*, 24, 503.

Weaire, D. (1994), *The Kelvin Problem* (London: Taylor & Francis).

Weaire, D., a Hutzler, S. (2000), *The Physics of Foams* (Oxford: Oxford University Press).

Weaire, D., a Phelan, R. (1993), 'A counter-example to Kelvin's conjecture on minimal surfaces', *Philosophical Magazine Letters*, 69, 107–10.

Wichiramala, W. (2004), 'Proof of the planar triple bubble conjecture', *Journal für die reine und agnewandte Mathematik*, 567, 1–49.

Lowri Edwards, Dr Anna Bryant
a Dr Anwen Mair Jones

Canfyddiadau athrawon Addysg Gorfforol ynghylch Addysg Gorfforol o ansawdd uchel o fewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn ne Cymru

Gwerddon

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

Golygydd: **Dr Anwen Jones**

Canfyddiadau athrawon Addysg Gorfforol ynghylch Addysg Gorfforol o ansawdd uchel o fewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn ne Cymru

Lowri Edwards, Dr Anna Bryant a Dr Anwen Mair Jones

Cyflwyniad a chefndir

Dros y blynyddoedd diwethaf fe wyddom fod segurdod a gordewdra wedi dod yn broblem yng Nghymru (Llywodraeth Cymru, 2014). Yn 2012 cafodd traean o blant 11–13 oed yng Nghymru eu categoreiddio yn ordew (Brophy et al., 2012). Yn ogystal, plentyndod yw man cychwyn nifer o afiechydon megis clefyd coronaidd y galon; felly, bydd plant sy'n llai actif yn fwy tebygol o ddatblygu mwy o ffactorau risg (Riddoch et al., 2005).

O fewn amgylchedd yr ysgol, Addysg Gorfforol (AG) a Chwaraeon Ysgol (ChY) sy'n rhoi'r cyfle pennaf i bob disgybl ddysgu, cyflawni a pharatoi ar gyfer cyfrifoldebau a phrofiadau bywyd (Department for Education, 2011). Cyfeirir at AG fel cyflwyniad ffurfiol o wybodaeth drwy weithgaredd corfforol sy'n cwmpasu datblygiad personol, cymdeithasol a moesol, wrth addysgu unigolion i fabwysiadu a chadw at weithgareddau iechyd a ffitrwydd (Chandler et al., 2007). Yn hyn o beth, mae gwers AG yn gyfnod o ddysgu sy'n cael ei gynllunio a'i gyflwyno i bob disgybl o fewn amserlen y cwricwlwm ysgol (Association for Physical Education, 2008a).

Argymhellodd Estyn y dylai pob disgybl 5–16 oed yng Nghymru dreulio o leiaf ddwy awr yr wythnos yn cymryd rhan mewn AG (Llywodraeth Cynulliad Cymru, 2008). Yn ogystal, argymhellodd y Grŵp Gorchwyl a Gorffen (2013) y dylid codi statws AG i fod yn bwnc craidd fel Cymraeg, Saesneg, Gwyddoniaeth a Mathemateg. Mae i'r argymhelliad oblygiadau iechyd pwysig sy'n hanfodol er mwyn ceisio atal yr epidemig gordewdra presennol, oherwydd gallai gynnig i ddisgyblion fodd o ganfod a meithrin yr wybodaeth a'r ddealltwriaeth angenrheidiol i fyw bywydau iach a gweithgar ar hyd eu hoes (Almond, 2013). O fewn cyd-destun ehangach, ystyriwyd ChY yn ddysgu strwythuredig sy'n digwydd y tu hwnt i gwricwlwm yr ysgol (Association for Physical Education, 2008b). Mae ChY yn ffurfio cyswllt hanfodol gyda sefydliadau chwaraeon yn y gymuned, yn ogystal â datblygu sgiliau sylfaenol o fewn y gwersi AG (Association for Physical Education, 2011). Fodd bynnag, mae'n hysbys fod athrawon AG yn cael dylanwad ar y math o brofiadau AG a ChY (naill ai'n bositif neu'n negyddol) a fydd yn cael eu cynnig i ddisgyblion. Mae hyn yn tanlinellu dau bwynt pwysig: yn gyntaf, y rôl hanfodol sydd gan athrawon i greu AG o ansawdd uchel, ac yn ail, pwysigrwydd darganfod barn a chanfyddiadau'r athrawon AG ynghylch y cysyniad o AG ansawdd uchel.

Â chyd-destun AG wedi ei osod, bydd yr adran nesaf yn darparu crynodeb o'r ymchwil sydd eisoes yn bodoli ar AG ansawdd uchel, gan gynnwys pwysigrwydd llythrennedd corfforol a chreu amgylchedd dysgu cadarnhaol.

Addysg Gorfforol Ansawdd Uchel

Mae AG ansawdd uchel yn cynnwys nifer o is-benawdau, megis addysgu creadigol, ymrwymiad i gynnwys pawb a chreu amgylchedd dysgu cadarnhaol (Department for Education and Skills (DfES), 2005). Yn ôl DfES (2003) mae AG o ansawdd uchel yn rhoi'r cyfle i bobl ifanc gyflawni sgiliau, magu hyder a dealltwriaeth ynghyd â'r ymrwymiad i ddyfalbarhau, gwella a llwyddo o fewn AG. Pan fydd y ddarpariaeth AG o'r safon uchaf, bydd disgyblion yn ceisio datblygu buddion corfforol a seicolegol, a rhinweddau personol megis presenoldeb ac ymrwymiad i AG a chwaraeon (DfES, 2003).

Canlyniad pwysig AG o ansawdd uchel yw datblygiad llythrennedd corfforol (Haydn-Davies, 2005), cysyniad y mae Whitehead, un o'r arbenigwyr pennaf ym maes llythrennedd corfforol, wedi cyfeirio ato fel `*the motivation, confidence, physical competence, knowledge and understanding to value and take responsibility for maintaining purposeful physical pursuits/activities throughout the lifecourse*' (Whitehead, 2010: t. i, 11–12). Yn benodol, mae'r un pwysigrwydd wedi'i roi i'r cysyniad o lythrennedd corfforol ag sydd i lythrennedd a rhifedd (Grŵp Gorchwyl a Gorffen, 2013). Awgrymodd Whitehead (2010) fod llythrennedd corfforol yn nodwedd bersonol y mae iddi arwyddocâd ar hyd ein hoes, tra mae AG yn disgrifio profiadau yn yr ysgolion yn ystod addysg orfodol. O ganlyniad, mae'n hollbwysig fod athrawon yn creu amgylchedd sy'n ysgogi'r disgyblion er mwyn annog pob disgybl i ddatblygu ar ei siwrnai unigryw o lythrennedd corfforol (Morgan et al., 2013). Mae'n hysbys fod plant sy'n defnyddio'u sgiliau yn annibynnol yn fedrus yn gorfforol a bod ganddynt fwy o hunanhyder, ac felly byddant yn fwy awyddus i ymrwymo i ddull iachus o fyw (Whitehead, 2010). Mae hyn yn tanlinellu'r rôl bwysig sydd gan athrawon AG i baratoi disgyblion i gyfranogi mewn gweithgaredd corfforol ar hyd eu hoes (Haydn-Davies, 2005). Felly, wrth ystyried rôl ddylanwadol yr athrawon, mae'n bwysig bod yn ymwybodol o'u canfyddiadau am y cysyniad o AG ansawdd uchel a'u dealltwriaeth o lythrennedd corfforol.

Nodwedd arwyddocaol arall sy'n galluogi athrawon i weithredu AG o ansawdd uchel yw creu amgylchedd dysgu cadarnhaol ym mhob gwers (Shen ac Yu, 2000). Mae'r term hwn yn disgrifio'r ffordd y mae athrawon yn eu cyflwyno'u hunain i'r dosbarth a'r modd y mae cyfathrebu'r athrawon yn effeithio ar ymddygiad a chymhelliant y disgyblion (Lambirth a Bailey, 2000). Mae'n hysbys na fydd y rhan fwyaf o ddisgyblion yn gallu cyrraedd safonau uchel heb gymorth athrawon effeithiol, graenus a phroffesiynol (Alliance for Excellent Education, 2004). O ganlyniad, dylai athrawon ddefnyddio strategaethau dysgu cadarnhaol, megis rhoi dewis i ddisgyblion, ac osgoi gweithgareddau a fydd yn debygol o godi cywilydd (Fleming a Bunting, 2007). I sicrhau amgylchedd cadarnhaol, mae'n hanfodol fod athrawon yn creu amgylchedd lle mae'n amlwg i'r disgyblion pwy sydd â'r awdurdod a lle mae'n annerbyniol i ddisgyblion anwybyddu'r protocolau a osodir (Graham, 2008). Yn ogystal, mae disgyblion o'r farn bod athrawon da â phwrpas clir, yn cydnabod sefyllfaoedd o safbwynt y dysgwyr ac yn cymryd camau cadarnhaol i sicrhau bod disgyblion llai abl yn gwella (Macfadyen a Bailey, 2002).

Un o'r ffyrdd mwyaf cydnabyddedig o hybu strategaethau dysgu cadarnhaol yw drwy ddefnyddio amrediad o ddulliau addysgu a dysgu (Mosston ac Ashworth, 2002). Mae fframwaith cysyniadol Mosston ac Ashworth ar ddulliau addysgu yn cynnwys sbectrwm o 11 arddull sydd wedi'u clystyru naill ai mewn clwstwr addysgu atgynhyrchiol neu glwstwr

addysgu cynhyrchiol. Mewn arddull atgynhyrchiol, mae disgyblion yn dyblygu neu'n dynwared dealltwriaeth yr athro, tra bydd y disgyblion yn adeiladu ar eu dealltwriaeth eu hunain mewn arddull gynhyrchiol (Mosston ac Ashworth, 2002). Yn y gorffennol, defnyddiai athrawon ddulliau uniongyrchol ac athro-ganolog; fodd bynnag, yn ddiweddar gwelwyd symudiad tuag at ddulliau mwy anuniongyrchol sy'n canolbwyntio ar y disgyblion gan weithredu dulliau addysgu o'r ddeutu a dysgu cilyddol (Capel, 2005). Un model dysgu poblogaidd yw'r model Gweledol–Clywedol–Cinesthetig (GCC, *VAK*; Fleming, 2001). Mae dysgwyr gweledol yn dysgu drwy weld, dysgwyr clywedol yn dysgu drwy wrando a dysgwyr cinesthetig yn dysgu drwy wneud. Yn ôl y model, mae'r rhan fwyaf o bobl yn meddu ar brif arddull dysgu, ond mae rhai pobl yn defnyddio cyfuniad neu gymysgedd cytbwys o'r tair arddull. Gall athrawon ddefnyddio technegau i hybu disgyblion i ddatblygu a gwella eu cryfderau dysgu; felly, bydd y dysgu yn fwyaf effeithiol pan addysgir disgyblion drwy gyfuniad o'r tair arddull (Fleming, 2001).

Fodd bynnag, mae creu amgylchedd cadarnhaol yn broses amlochrog a chymhleth gan fod nifer o ffactorau i'w hystyried wrth weithredu yn y gwersi, megis creu perthynas ryngbersonol â'r disgyblion (Capel a Whitehead, 2010). Cefnogir hyn gan gysyniad Siedentop (1991) fod athrawon sydd â pherthynas ryngbersonol gadarn â'r disgyblion yn gynhorthwy i'r disgyblion hynny ddysgu'n hyderus.

I grynhoi, mae yna gryfderau amlwg i'r ymchwil uchod yn y maes, gan gynnwys y nifer helaeth o ddogfennau ac adroddiadau ar bwysigrwydd AG o ansawdd uchel sydd ar gael a lefelau ymrwymiad y disgyblion (DfES, 2005; Estyn, 2012a). Er enghraifft, yn adroddiad Estyn (2012a) gwelwyd bod cynnydd yn safonau AG mewn dwy o bob tair gwers a arsylwyd o'i gymharu â'r gwersi a gafodd eu harsylwi yn yr arolwg blaenorol mewn ysgolion uwchradd yng Nghymru. Adroddwyd bod disgyblion yn medru adfyfyrio ar wersi, deall egwyddorion allweddol, terminoleg a thechneg, a chyrraedd disgwyliadau uchel. Er hyn, awgrymodd Estyn (2012a) nifer o argymhellion y gallai athrawon eu defnyddio i wella'r gwersi AG, megis datblygu'r ymgysylltiad, herio disgyblion drwy weithgareddau anturus, a chynnig gweithgareddau i alluogi disgyblion o bob lefel i ddatblygu a gwella. Daeth cryfderau eraill i'r amlwg, megis manteision deall y camau cyntaf ynghylch sut i greu amgylchedd dysgu cadarnhaol (Graham, 2008). Mae'r ymchwil hwn yn gymorth mawr i athrawon ddechrau cynllunio sut mae mynd ati i greu awyrgylch dysgu cadarnhaol, yn enwedig i'r athrawon hynny sydd newydd gymhwyso.

Fodd bynnag, mae yna wendidau a bylchau amlwg yn y gwaith ymchwil sydd eisoes ar gael. Yn gyntaf, mae nifer o ddogfennau'r Llywodraeth yn dal heb gynnwys unrhyw ymgynghoriad neu ymchwil gydag athrawon AG eu hunain. Yn ail, er bod adroddiadau arolygwyr yn ddefnyddiol ar gyfer astudiaethau addysgeg yn y dyfodol, yn aml nid ydynt yn cynrychioli'n realistig y modd y mae athrawon yn addysgu o ddydd i ddydd (Cale a Harris, 2009). Ar ben hynny, does fawr o ymchwil ar gael sy'n ystyried canfyddiadau athrawon ynghylch AG ansawdd uchel, yn enwedig o fewn ysgolion cyfrwng Cymraeg.

Mae cynnal y math hwn o ymchwil yn bwysig oherwydd bod gan athrawon AG rôl hanfodol i'w chyflawni, sef dylanwadu'n gadarnhaol ar arferion gweithgaredd corfforol disgyblion. O ganlyniad, mae'n allweddol darganfod canfyddiadau athrawon ynghylch AG o ansawdd uchel. Felly, nod yr astudiaeth hon oedd gwneud yr union beth hwnnw

yng nghyd-destun darpariaeth AG o ansawdd uchel mewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn ne Cymru. Pwrpas yr ymchwil oedd gweld a fyddai canfyddiadau'r athrawon AG yn debyg i ymchwil arbenigol ac i bolisïau'r Llywodraeth, gan gymharu'r theori â'r cyd-destun ymarferol. Pwrpas arall oedd llenwi bwlch yn yr ymchwil ac amlinellu'r modd y mae canfyddiadau athrawon yn cynnig rhan o'r ateb yn narlun cyfan AG o ansawdd uchel. Yn y pen draw, efallai y gellir defnyddio canfyddiadau'r athrawon i ddylanwadu ar bolisïau'r Llywodraeth yn y dyfodol.

Methodoleg

Cafodd y prosiect hwn ei ariannu gan y Coleg Cymraeg Cenedlaethol. Mabwysiadwyd dull ansoddol o gasglu data er mwyn deall canfyddiadau athrawon ynghylch AG o ansawdd uchel (Creswell, 2007). Yn benodol, defnyddiwyd cyfweliadau lled strwythuredig er mwyn caniatáu i'r cyfwelydd reoli cyfeiriad y cyfweliad, yn ogystal â gadael i'r cyfranogwyr ymhelaethu ar eu profiadau personol (Merriam, 1998). Yn ogystal, roedd y disgrifiadau manwl yn hwyluso dealltwriaeth o'r ffenomen a oedd yn cael ei hastudio ac yn dehongli ei hystyr a'i harwyddocâd (Patton, 2002). Defnyddiwyd samplu bwriadol er mwyn gallu cyffredinoli ar amgylchiadau unigol a chanfyddiadau'r athrawon AG (Silverman, 2000). Cynhaliwyd yr ymchwil mewn deg ysgol gyfun cyfrwng Cymraeg, drwy gyfweld saith athro a thair athrawes AG; gweler Tabl 1 isod. Defnyddir ffugenwau ar gyfer enwau'r ysgolion a'r athrawon drwy gydol yr ymchwil.

Ysgol	**Lleoliad**	**Athro/Athrawes**
Glannau'r Mor	De-orllewin	Ms Davies
Bryn Cadog	De-ddwyrain	Ms Howell
Afon y Ddraig	De-ddwyrain	Ms Lloyd
Heol Taf	De-ddwyrain	Mr Morgan
Mynydd-y-fro	De-ddwyrain	Mr Parry
Cwm Cynon	De-ddwyrain	Mr Rhys
Cwm Celynnog	De-ddwyrain	Mr Jones
Gwawr Mynydd	De-orllewin	Mr Pugh
Pont yr Afon	De-ddwyrain	Mr Pritchard
Y Ddinas	De-ddwyrain	Mr Bevan

Tabl 1: Nodweddion yr ysgolion yn yr astudiaeth

Dull gweithredu

Cynhaliwyd astudiaeth beilot drwy drefnu cyfweliadau lled strwythuredig ymlaen llaw er mwyn gwella ansawdd ac effeithiolrwydd yr astudiaeth (Lancaster et al., 2004). Yn dilyn yr astudiaeth beilot, addaswyd rhai cwestiynau ac ychwanegwyd mwy o brocio, er enghraifft drwy ddefnyddio cwestiynau fel 'Allwch chi ymhelaethu?' Y gobaith oedd y byddai hyn yn caniatáu i'r cyfranogwyr roi ateb mwy trylwyr (Ritchie a Lewis, 2003). Drwy gydol y deg cyfweliad defnyddiwyd canllawiau cyfweld lled strwythuredig. Cafodd y rhain eu cynllunio drwy ddefnyddio'r llenyddiaeth berthnasol er mwyn

sicrhau bod y cwestiynau'n addas. Cynhaliwyd y cyfweliadau yn ysgolion yr athrawon ar amser a oedd yn gyfleus iddynt, a hynny am tua 30 munud yr un (Turner, 2010). Pwrpas y drafodaeth oedd ceisio darganfod canfyddiadau'r athrawon ynghylch AG o ansawdd uchel a'u defnydd hwythau o arferion da yn eu gwersi. Roedd y canllawiau cyfweld lled strwythuredig yn cynnwys cwestiynau ar nodweddion AG o ansawdd uchel yng Nghyfnod Allweddol 3 (disgyblion 11–14 oed) a Chyfnod Allweddol 4 (disgyblion 14–16 oed), argymhellion Estyn (2012a), monitro darpariaeth AG o ansawdd uchel a llythrennedd corfforol.

Ar ôl cwblhau'r cyfweliadau, cawsant eu trawsgrifio a'u dadansoddi mewn modd cynhwysol anwythol a diddwythol (Elo a Kynga, 2008). Defnyddiwyd nod a phwrpas yr astudiaeth ar gyfer y dadansoddiad cynhwysol diddwythol, sef defnyddio'r theori er mwyn dadansoddi'r data (Krippendorff, 2012), a mabwysiadwyd dadansoddiad cynhwysol anwythol i ganfod a oedd unrhyw themâu sylfaenol wedi codi o'r data nad oedd i'w gweld yn y llenyddiaeth (Hastie a Glotova, 2012).

Defnyddiwyd meini prawf penodol i gynyddu lefel dilysrwydd yr ymchwil, sef edrych ar ddibynadwyedd, hygrededd, trosglwyddedd a chydymffurfiad (Berg a Latin, 2008). Enghraifft o hyn oedd defnyddio'r canllawiau cyf-weld i sicrhau bod yr un cwestiynau yn cael eu gofyn a'r un themâu yn cael eu trafod ym mhob cyfweliad, yn ogystal â darparu copi o'r trawsgrifiadau i'r cyfranogwyr (Guba a Lincoln, 1985). I gydymffurfio ag arfer dda Cymdeithas Ymchwil Addysg Prydain (British Educational Research Association, 2011) a phwyllgor moesegol y brifysgol, dosbarthwyd taflen wybodaeth a chydsyniad gwybodus i'r rhai oedd yn cael eu cyfweld.

Canlyniadau a thrafodaeth

Nod yr astudiaeth oedd darganfod canfyddiadau athrawon AG ynghylch AG o ansawdd uchel. Amlygodd yr ymchwil chwe phrif thema, sef: (1) diffiniadau'r athrawon o AG ansawdd uchel; (2) creu amgylchedd dysgu cadarnhaol; (3) llythrennedd corfforol; (4) arddulliau dysgu ac addysgu; (5) cyfraniad yr awyr agored – argymhellion Estyn (2012a); a (6) monitro darpariaeth AG o ansawdd uchel. Bydd yr adran ddilynol yn trafod pob thema drwy gymharu canfyddiadau'r athrawon AG ynghylch ymchwil arbenigol blaenorol, polisïau'r Llywodraeth a theori; bydd hefyd yn amlinellu pwysigrwydd barn yr athrawon er mwyn deall AG o ansawdd uchel.

1. Diffiniadau'r athrawon o Addysg Gorfforol o ansawdd uchel

Drwy gydol y deg cyfweliad, y prif bwynt a godai amlaf oedd pa mor bwysig yw hi fod athrawon yn mabwysiadu arferion a fydd yn cynnwys pob disgybl yn y gwersi AG. Mynegodd yr athrawon y farn y dylai pob disgybl deimlo'n gyffyrddus o fewn yr amgylchedd AG fel y gallai'r disgyblion i gyd fwynhau'r gwersi – safbwynt sy'n adlewyrchu ymchwil Graham (2008). Er mwyn annog hyn, awgrymodd yr athrawon y dylid osgoi cymharu disgyblion â'i gilydd, ac addysgu i gynnwys pob dysgwr o ran oedran, gallu a chefndir. Wrth ddisgrifio AG o ansawdd uchel, dywedodd Ms Davies: 'Rhywbeth sy'n cynnwys pawb – pob oedran, pob gallu a phob cefndir er mwyn eu hannog nhw a sicrhau bod cyfranogiad uchel ar draws pawb.' Roedd Mr Rhys yn cytuno â'r safbwynt yma: 'Fel pwnc, mae gynnon ni ddyletswydd i sicrhau bod pawb sy'n dod drwy'r drws yn teimlo'n gyffyrddus gyda beth rydyn ni'n ei wneud.'

Fel mewn ymchwil blaenorol, pwysleisiodd Subban (2006) fod amgylchedd dysgu cynhwysol yn sicrhau y caiff pob dysgwr ei barchu, lle y bydd disgyblion yn annog ac yn cefnogi ei gilydd, a lle y bydd athrawon yn adnabod eu disgyblion fel unigolion. Cytunai Mr Morgan â'r safbwynt hwn, a defnyddiodd enghraifft benodol o wahaniaethu mewn gwers gymnasteg: 'Roedd gymnasteg gyda fi y bore 'ma, ac roedd un bachgen yn *chuffed* ei fod wedi gwneud rhôl ymlaen, ac roedd bachgen arall yn gweithio ar "fflic fflac" ... Dwi'n meddwl bod e'n bwnc ble gellir dysgu yn wahaniaethol, ble mae'r gwan yn gallu datblygu, a'r goreuon yn gallu datblygu.'

Nododd Kerry (2002) fod disgyblion yn dehongli tasgau yn y gwersi ymarferol mewn modd gwahanol oherwydd eu lefelau gallu gwahanol, ac felly ei bod yn hanfodol fod athrawon yn gwahaniaethu wrth ddysgu.

Thema arall a gododd dro ar ôl tro yn y cyfweliadau oedd pwysigrwydd cynllunio a threfniadaeth yn y broses o greu AG o ansawdd uchel. Mae hyn yn debyg i ganfyddiadau'r ymchwil, sy'n nodi bod cynllunio effeithiol yn ganolog i ddysgu ac addysgu effeithiol (Gower, 2010). Cytunai saith athro fod cynllunio a threfnu yn allweddol ar gyfer AG o ansawdd uchel, a chyfeiriodd dau o'r athrawon at hyn yn benodol, er enghraifft Mr Pugh, a ddywedodd: 'Mae'n bwysig i chi gynllunio; cynllunio yw'r gair mwyaf allweddol a mwyaf pwysig. Os ydych chi'n cynllunio'n drylwyr, rydych chi wedyn yn gallu mynd ati i sicrhau bod y gwersi o ansawdd uchel.' Yn yr un modd, dywedodd Mr Parry: 'Mae i lawr i lot o bethau, fel trefniant; mae rhaid i chi gael pethau mewn trefn. Mae'n rhaid cael y cynlluniau gwaith yn eu lle.' Mae'n hollbwysig fod athrawon yn cynllunio gwersi sy'n seiliedig ar y Cwricwlwm Cenedlaethol Addysg Gorfforol (CCAG) er mwyn pwysleisio'r berthynas rhwng cynllunio ac asesu (Kelly a Melograno, 2004), yn ogystal ag ystyried ffactorau eraill fel offer a'r tywydd (Graham, 2008).

Tynnodd yr athrawon sylw at effaith gadarnhaol datblygiad proffesiynol parhaus (DPP) yng nghyd-destun AG a ChY o ansawdd uchel, fel bod yr wybodaeth yn cael ei diweddaru'n rheolaidd. Mae hyn yn cynnwys mynd ar gyrsiau i wella agweddau pedagogaidd addysgu, neu ar gwrs cymorth cyntaf (Alfrey et al., 2012). O ganlyniad, y gobaith fyddai gwella ansawdd yr addysgu (Ofsted, 2013). Yn yr un modd, credai Ms Davies fod DPP yn agwedd hanfodol sy'n cyfrannu at AG o ansawdd uchel: 'Yn amlwg, datblygiad proffesiynol parhaus, ein bod ni'n mynd ar gyrsiau ac yn y blaen i ddiweddaru sgiliau, a hefyd o ran gwybod rheolau newydd.' Mae hyn yn awgrymu, er mwyn i athrawon ddarparu gwersi AG o safon uchel sy'n gynhwysol, sydd wedi'u cynllunio'n dda ac sy'n ennyn diddordeb pob dysgwr, fod angen diweddaru eu cronfa wybodaeth yn gyson fel bod agweddau eraill o AG ansawdd uchel yn medru digwydd yn llwyddiannus. Fodd bynnag, er bod cynllunio yn bwysig, nododd sawl athro fod y gallu i addasu'r sefyllfa i lefel y gallu o fewn y dosbarth yn hanfodol:

> Rwy'n credu bod cynlluniau gyda ni ar gyfer y gwersi. Un pwynt yw eich bod chi'n ymateb i'r dosbarth, o flwyddyn i flwyddyn, dosbarth i ddosbarth, achos bod gofynion y dosbarth yn amrywio. Felly, chi'n methu dweud: reit, mae'r wers yma wedi gweithio'n dda i *so-and-so*, fe wna i yr un peth i'r dosbarth nesaf ... Bydd y gofynion ar gyfer y dosbarth arall yn hollol wahanol. (Ms Lloyd)

Mae hyn yn amlygu'r ffaith mai un o oblygiadau'r ymchwil yw'r angen a'r gallu i addasu'r gwersi er mwyn galluogi'r dosbarth i weithredu AG o ansawdd uchel. Awgrymodd Ofsted (2013) mai un ffordd o sicrhau bod mwy o ddisgyblion yn cyfranogi ac yn rhagori mewn AG yw cryfhau'r cysylltiadau rhwng ysgolion, clybiau chwaraeon lleol a darparwyr hamdden, ac felly hybu ChY (Department for Education, 2011). Roedd yr athrawon yn cydnabod yr hyn a awgrymwyd gan Ofsted ac adroddiad yr Adran Addysg, *The School Curriculum: Aims, Values and Purposes*. Ond, yn hollbwysig, roeddent hefyd yn cynnig atebion 'sut' i wneud hyn, fel y dengys sylwadau Ms Davies: 'Mae gennym ni swyddfa'r abl a'r talentog lle ry'n ni'n danfon unigolion sydd wedi dangos dawn mewn un gamp arbennig, lle gwnaethon ni ddanfon dau fachgen yn ddiweddar i ymarfer gyda thîm pêl-droed Valencia. Felly, ry'n ni'n adnabod gallu uchel, ac yn eu harwain nhw y ffordd gywir drwy roi cyfleoedd gwahanol iddyn nhw.'

Yn ogystal, pwysleisiodd Ms Howell 'sut' mae'r system i'r rhai mwyaf abl a thalentog yn gweithio yn ei hysgol hi: 'O fewn y set top, yn amlwg mae pob un sy'n dod o dan "abl a thalentog" i fod yn y dosbarth yna, ac mae'n dosbarth uchaf ni yn dueddol o fod yn eithaf bach er mwyn pwysleisio gweithio'n agos gyda nhw.' Cefnogir hyn gan Estyn (2012b), lle pwysleisiwyd mai un o flaenoriaethau athrawon ym mhob pwnc yw herio dysgwyr abl a thalentog (MAT) i berfformio'n well.

Cytunai'r holl athrawon ei bod yn ddyletswydd arnynt i gynnal clybiau y tu allan i'r gwersi, sy'n awgrymu bod eu dyletswyddau fel athrawon yn mynd y tu hwnt i'r cwricwlwm a bod AG a ChY fel ei gilydd yn rhan hanfodol o'u cyfrifoldeb. Ar ben hynny, ar sail yr atebion uchod, mae'n amlwg mai ffocws yr athrawon yw materion logistaidd ac ymarferol, yn hytrach nag elfennau dysgu mewn mwy o ddyfnder; mae hyn gwbl ddealladwy wrth feddwl am eu swydd brysur o ddydd i ddydd.

2. Creu amgylchedd dysgu cadarnhaol

Awgryma Macfadyen a Bailey (2002) y dylai athrawon ystyried safbwynt y dysgwyr, deall anghenion y dysgwyr, bod yn gadarnhaol ac annog disgyblion pan nad ydynt yn gwneud cynnydd. Yn yr un modd â chanfyddiadau gwaith ymchwil Macfadyen a Bailey, ym mhob cyfweliad pwysleisiodd yr athrawon y cysylltiad rhwng AG o ansawdd uchel a chreu amgylchedd dysgu cadarnhaol. Teimlent mai eu cyfrifoldeb nhw hefyd fel athrawon oedd gwneud i'r disgyblion deimlo'n gyffyrddus yn y wers, fel yr amlinellodd Mr Rhys: 'Mae pob disgybl sydd yn dod aton ni yn cael teimlad o'i rôl yn y wers.' Nododd Mr Bevan yr angen i greu amgylchedd cadarnhaol ar ddechrau'r wers: 'Popeth o'r ystafelloedd newid, pan maen nhw'n dod i mewn yn gyntaf: bod yr athro yna i'w croesawu nhw ar ddechrau'r wers, bod *issues* cit neu bobl yn dost yn cael eu delio gyda nhw'n glou.' Ar ben hynny, roedd pob athro ac athrawes yn cytuno'i bod yn hanfodol peidio â chanolbwyntio ar y goreuon drwy'r amser, ond sicrhau bod pob disgybl yn cael rhywfaint o sylw yn y wers, gan ategu pwyslais gwaith ymchwil Macfadyen a Bailey (2002) ei bod yn bwysig fod athrawon yn cydnabod ac yn helpu'r disgyblion llai abl.

Yr ail ffactor dylanwadol a gododd wrth drafod creu amgylchedd dysgu cadarnhaol oedd adeiladu perthynas gadarn gyda'r disgyblion. Cytunai pob athro fod hon yn elfen hanfodol oherwydd ei bod yn haws goresgyn anawsterau os bydd perthynas gadarnhaol â disgybl, fel y dywedodd Mr Morgan: 'Byddwn i'n dweud ei bod hi'n frwydr

galed os nad yw'r berthynas fynna yn berthynas dda, yn berthynas gadarnhaol.' Dyna farn Ms Howell hefyd: 'Os nad oes perthynas, wedyn mae'r holl broses bron â bod (yn ddiffygiol) – maen nhw'n dod i mewn i'r wers, maen nhw'n gwneud beth y'ch chi'n eu gorfodi nhw i'w wneud ac maen nhw'n gadael ac yn anghofio. Os oes perthynas, maen nhw'n cofio hyn o un wers i'r nesaf.'

Ar ben hyn, teimlai'r rhan fwyaf o'r athrawon fod perthynas gadarnhaol gyda'r disgyblion yn cael effaith ar lefelau cymhelliant oherwydd bod y disgyblion yn fwy tebygol o gymryd rhan a dod â dillad pwrpasol os ydynt yn hapus gyda'u hathrawon. Mae hyn eto yn debyg i ganfyddiadau gwaith ymchwil lle y nododd Capel a Whitehead (2010) fod perthynas ryngbersonol rhwng yr athro a'r disgyblion yn effeithio ar gymhelliant a hunan-barch y disgyblion. Mewn cyd-destun gwahanol, canfu Sandford et al. (2009) mai perthynas gadarnhaol rhwng oedolion ac ieuenctid yw'r elfen bwysicaf yn llwyddiant rhaglenni ieuenctid. Mae'r darganfyddiadau'n pwysleisio'r angen i athrawon AG geisio ymgysylltu â disgyblion sydd wedi ymddieithrio. Amlygodd Ms Lloyd effaith gwrando ar lais y disgybl er mwyn cyfrannu tuag at greu amgylchedd dysgu cadarnhaol:

> Os ydyn nhw'n dweud bo nhw eisiau chwarae rygbi, grêt; rydyn ni'n edrych ar ein *clients* ni, ac os ydyn ni'n meddwl y gwnaiff y rhain ymateb i'r fath beth, wnewn ni fe. Ond os ydyn ni'n meddwl nad ydyn nhw ddim yn mynd i ymateb, dwi'n gwybod o brofiad fydden nhw ddim, bydden ni'n addasu fe efallai i chwarae tag a *touch* rygbi.

Enghraifft ardderchog arall o arfer dda er mwyn adeiladu sylfaen ar gyfer perthynas gadarnhaol gydag athrawon oedd gwneud cysylltiadau gydag ysgolion cynradd. Yn wahanol i'r ymchwil sy'n disgrifio 'beth', mae'r athrawon yn cynnig atebion ynghylch 'sut' maent yn gweithredu hyn, fel y dywedodd Ms Davies: 'Rydyn ni'n rhedeg clwb pontio cynradd lle maen nhw'n dod i fyny bob nos Lun ym Mlwyddyn 6, lle maen nhw'n dod i arfer â thir yr ysgol, yr athrawon ac yn y blaen. Felly, pryd maen nhw'n cyrraedd Blwyddyn 7, dyw e ddim cymaint o naid iddyn nhw.' Erbyn i blant yr ysgolion cynradd gyrraedd yr ysgol gyfun, byddant yn llawer mwy cyffyrddus gyda'r athrawon a'r lleoliad, ac felly bydd yr amgylchedd cadarnhaol wedi'i sefydlu. Mae hwn yn bwynt pwysig iawn gan i dros hanner yr athrawon bwysleisio'r angen i gryfhau'r cyswllt rhwng ysgolion cynradd ac uwchradd, fel y mynegodd Mr Bevan: 'Dw i'n cytuno'n llwyr achos does dim arbenigwyr ar gael yn y (sector) cynradd, ac yn aml mae disgyblion yn dod aton ni ac mae eu sgiliau sylfaenol nhw yn wan iawn iawn.' Awgrymodd Mr Jones farn debyg: 'Efallai mwy o waith rhwng (y sector) cynradd ac uwchradd. Dw i'n dal ddim yn teimlo bod disgyblion yn dod trwyddo, bod athrawon cynradd yn barod i weithio gydag (athrawon) uwchradd o ran siario cynlluniau gwaith a gallu rhoi lefel benodol AG i'r ysgolion cynradd pan fyddan nhw'n dod i mewn i'r uwchradd.'

Pwysleisiodd rhai athrawon y ffaith fod arweinyddiaeth a rheolaeth yn rhan o greu amgylchedd dysgu cadarnhaol drwy osod ffiniau a disgyblaeth (Graham, 2008; Sutliff et al., 2008). Tynnodd rhai athrawon sylw hefyd at bwysigrwydd annog cydraddoldeb, disgyblaeth a pharch, fel a wneir yn ymchwil Macfadyen a Bailey (2002). Tynnodd Ms Lloyd sylw at yr angen am 'Nid jyst disgyblaeth haearnaidd, ond disgyblaeth gyda pharch a thegwch ... ac rwy'n credu bod y rhan fwyaf o ddisgyblion yn mwynhau hynny. Maen nhw'n mwynhau gwybod ble mae'r ffiniau; maen nhw'n hoffi gwybod ble maen nhw'n sefyll.'

Fel y gwelir uchod, mae cryn debygrwydd rhwng yr ymchwil a chanfyddiadau'r athrawon. Ar y llaw arall, un gwahaniaeth yw ei bod yn glir fod athrawon yn rhoi llawer o bwyslais ar enghreifftiau penodol ynghylch sut i gyrraedd AG o ansawdd uchel, rhywbeth sydd ar goll weithiau yn y theori. Mae hyn yn dangos pa mor bwysig yw rôl yr athrawon yn y darlun cyfan er mwyn ateb rhai o'r cwestiynau i helpu polisïau'r Llywodraeth. Yn ogystal, gwahaniaeth arall rhwng y gwaith ymchwil a'r athrawon yw fod athrawon yn debygol o ateb yn fwy arwynebol, gan nad oedd amserlen brysur yn caniatáu iddynt fyfyrio a phendroni uwchben y theorïau mwyaf addas. O ganlyniad, nid yw eu hymatebion yn sôn am awyrgylch dysgu cymhleth ac amlochrog ond yn hytrach yn rhoi atebion mwy ymarferol, o dydd i ddydd.

3. Llythrennedd corfforol

Canfyddiad clir yr astudiaeth bresennol oedd fod yna wahaniaeth rhwng yr ymchwil arbenigol a'r athrawon ynghylch diffinio llythrennedd corfforol. Dim ond tri o'r deg athro oedd yn deall cysyniad llythrennedd corfforol yn llawn. Roedd nifer o'r athrawon yn yr astudiaeth wedi cymysgu rhwng y term `llythrennedd corfforol' a'r term `llythrennedd mewn AG'. Fel y disgrifiwyd eisoes, diffiniad Whitehead (2010) o lythrennedd corfforol yw `the motivation, confidence, physical competence, knowledge and understanding to value and take responsibility for maintaining purposeful physical pursuits/activities throughout the lifecourse' (Whitehead, 2010, t. i). Fodd bynnag, mae llythrennedd mewn AG yn cyfeirio at y sgiliau siarad, gwrando, darllen ac ysgrifennu a ddatblygir mewn gwersi AG (DfES, 2002). Pan ofynnwyd i'r athrawon am ar eu dehongliad o lythrennedd corfforol, rhoddodd Mr Parry a Ms Lloyd y diffiniadau canlynol: `Y gallu i ddefnyddio'r eirfa gywir ar gyfer y gweithgaredd rwyt ti'n ei wneud' a `Mae lot o eirfa ar yr hysbysfyrddau – Geirfa Addysg Gorfforol – ond geirfa mae'r disgyblion ... i fod i'w deall o bynciau eraill, a'i defnyddio yn ein pwnc ni.'

Mae'r enghreifftiau uchod yn arwydd clir fod rhai athrawon wedi drysu rhwng llythrennedd corfforol a llythrennedd mewn AG, gan bwysleisio'r anghysondeb rhwng theori ac ymarfer. Roedd yr athrawon eraill wedi dehongli'r term `llythrennedd corfforol' fel un sy'n ymwneud â'r ochr gorfforol yn unig, heb ystyried yr ochr seicolegol: `Gyda llythrennedd corfforol, ry'n ni'n sôn ... am y nodweddion ry'n ni'n chwilio amdanyn nhw, sef y dysgu, y cysondeb, y symudiad, y ffitrwydd. Felly, allen ni dorri fe i lawr i gydsymud – cydsymud da, cyd-drefniant da, cydbwysedd da, ac wedyn ei ddatblygu fe o'r elfennau cydrannau ffitrwydd' (Mr Pritchard). Cyflwynodd Mr Pugh bwynt perthnasol drwy ddweud: `Os yw'r sgiliau llythrennedd corfforol yn isel, dydyn nhw ddim yn cael cymaint o fwynhad, dydyn nhw ddim yn mynd i barhau efo Addysg Gorfforol ar ôl gadael ysgol, ac mae hwnna yn cael *impact* ar iechyd y genedl ar ddiwedd y dydd.'

Gellid dadlau yma fod rôl bwysig i farn a dealltwriaeth yr athrawon, oherwydd os nad ydynt yn deall ystyr y term, bydd yn anodd gwireddu nod gweithwyr polisi a Chwaraeon Cymru (Chwaraeon Cymru, 2010), sef cynorthwyo pob unigolyn ar ei siwrnai llythrennedd corfforol. Yn ogystal, mae'r darganfyddiad hwn yn awgrymu bod angen i athrawon gael diffiniad clir o lythrennedd corfforol, er mwyn iddynt ddeall manteision llawn datblygu'r cysyniad.

4. Arddulliau dysgu ac addysgu

Daeth effaith arddulliau addysgu a dysgu i gyfrannu tuag at wersi AG o ansawdd uchel i'r amlwg yn rhai o'r cyfweliadau. Yn benodol, pwysleisiodd enghraifft o arfer dda mewn un ysgol y cysylltiad cryf rhwng arddulliau dysgu ac AG o ansawdd uchel, ffaith a amlygwyd eisoes gan waith ymchwil (Fleming, 2001). Yn yr enghraifft isod, defnyddiodd Mr Jones holiaduron 'Gweledol–Clywedol–Cinesthetig' (GCC, *VAK*) er mwyn ystyried arddulliau dysgu o fewn dosbarth TGAU i helpu i gynllunio'r gwersi. Pwrpas holiaduron GCC yw ceisio darganfod sut mae unigolyn yn dysgu; hynny yw, a yw'r unigolyn yn ddysgwr gweledol, sy'n dysgu'n well drwy ddarllen a gweld; yn ddysgwr clywedol, sy'n hoffi dysgu drwy wrando a siarad; neu'n ddysgwr cinesthetig, sy'n dysgu'n well drwy wneud a chyffwrdd (Myers, 2010):

> Ry'n ni'n gwneud lot o waith ar strategaethau dysgu, felly rwy'n credu bod ymwybyddiaeth dda gan yr athrawon yn yr ysgol o arddulliau dysgu gwahanol. Ry'n ni hefyd wedi gwneud holiaduron *VAK* sy'n cymryd i ystyriaeth a yw'r disgybl yn hoffi dysgu yn glywedol, yn weledol neu drwy wneud. Mae'r rhan fwyaf o ddosbarth TGAU ym Mlwyddyn 10 yn hoffi gwneud, felly rwy'n cymryd hwnna i ystyriaeth.

Yn ogystal, mae'n hysbys fod disgyblion, drwy gydol y broses addysgu–dysgu, yn dysgu drwy arddulliau gwahanol, ac mae adnabod yr arddulliau hyn yn bwysig i alluogi athrawon i wneud y gorau o'r broses hon (Shein a Chiou, 2011). Mae'n profi bod canfod arddulliau dysgu eich disgyblion yn helpu'r broses gynllunio. Serch hyn, doedd dim tystiolaeth gan yr athro fod hyn wedi gwella cyrhaeddiad y disgyblion.

Ar ben hyn, daeth yn amlwg o'r cyfweliadau bod tebygrwydd rhwng theori ac ymarfer o ran arddulliau addysgu, er enghraifft, asesiad cyfoedion ac addysgu o'r ddeutu (Mosston ac Ashworth, 2002). Awgrymodd tri athro ei bod hi'n fuddiol i'r disgyblion eu bod yn dysgu oddi wrth ei gilydd, drwy gymryd cyfrifoldeb fel 'hyfforddwr' a rhoi adborth i'w cyfoedion. Mae hyn eto'n pwysleisio'r ffaith fod athrawon yn cynnig canllawiau 'sut' a 'phryd' i ddefnyddio arddulliau dysgu yn effeithiol:

> Rydyn ni'n gallu defnyddio'r *flip camera*, ac maen nhw'n gallu ailadrodd i'w gilydd, felly mae rhyw fath o *peer assessment*. Yn hytrach na'r athro yn rhoi'r adborth yn ôl i'r disgybl, maen nhw (y disgyblion) yn gallu rhoi adborth 'nôl i'w gilydd. Weithiau, drwy edrych o blentyn i blentyn, mae'r adborth yn gallu dod o ongl wahanol. (Mr Parry)

Mae ymchwil wedi profi bod disgyblion sy'n gweithredu dull addysgu o'r ddeutu yn fwy medrus wrth ddadansoddi symudiadau, yn benodol drwy gynorthwyo datblygiad cymdeithasol gyda chyfoedion gan gynnig adborth (Mosston ac Ashworth, 2002). Mae hyn yn awgrymu bod disgyblion yn dysgu oddi wrth ei gilydd, ac mae felly'n arfer dda er mwyn darparu gwersi o ansawdd uchel. Serch hyn, cyfeiriodd Mr Pritchard at un o'r anawsterau sydd yn digwydd yn aml o fewn y dysgu: 'Mae ganddon ni 47 disgybl ac un athro; o ran rheoli sefyllfa fel 'na, i greu'r ansawdd uchel, mae'n anodd iawn. Mae'n rhaid cael dealltwriaeth gref, a rhaid dysgu hynna mewn ffurf awtocratig, ble y'ch chi'n rheoli, a ddim yn cael cyfle i dorri fe i lawr.'

Mae hyn yn awgrymu mai un goblygiad i rai sy'n llunio'r polisïau yw y dylai nifer y disgyblion mewn gwersi AG gael ei adolygu. Dylai uchafswm gael ei bennu a dylai ysgolion gadw at hyn er mwyn cyflawni gwersi AG o ansawdd uchel.

5. Cyfraniad yr awyr agored – argymhellion Estyn (2012a)

Yn Chwefror 2012 amlinellodd adroddiad Estyn argymhellion ar gyfer gwella ansawdd AG yng Nghymru, gan gynnwys hyrwyddo gweithgareddau awyr agored. Mae darganfod p'un a yw'r argymhelliad hwn yn realistig ym marn yr athrawon yn arwyddocaol, gan fod pob ysgol yn wahanol o ran statws economaidd-gymdeithasol a lleoliad. Roedd pob ysgol yn yr astudiaeth yn defnyddio cyfeiriannu fel dull o gynnal gweithgareddau anturus, awyr agored, o fewn gwersi AG.

Pwrpas gwersi yn yr awyr agored yw herio disgyblion drwy ddefnyddio gweithgareddau datrys problemau, a galluogi disgyblion i gymryd cyfrifoldeb cynyddol drostynt eu hunain, dros eraill, a thros yr amgylchedd dysgu (Llywodraeth Cynulliad Cymru, 2008). Roedd gan rai athrawon farn gadarnhaol ar weithgareddau anturus yn yr awyr agored, fel y gwelir yn y dyfyniadau canlynol: 'Dw i'n meddwl eu bod yn dda, oherwydd maen nhw'n defnyddio sgiliau meddwl, a sgiliau cyfathrebu hefyd' (Mr Parry) a 'Mae'n hawdd iawn dod i mewn â phethau fel rhifedd, llythrennedd, sgiliau meddwl, cyfathrebu a phopeth fel 'na, a dw i'n credu bod datrys problemau yn gweithio'n wych' (Ms Howell). Serch hyn, credai wyth o'r deg ei bod yn anodd iawn cynnal gwersi yn yr awyr agored. Roedd y cyfweliadau'n awgrymu mai'r rhesymau dros hyn oedd prinder adnoddau yn yr ysgolion, a phrinder amser o fewn gwers un awr, fel y dywedodd Mr Morgan: 'Rwy'n meddwl ei fod e'n gallu bod yn dipyn bach o jôc – gweithgareddau anturus i mi yw mynd i ddringo a chaiacio, mynd allan yn yr awyr agored. Rydyn ni'n cael ein cyfyngu gan adnoddau, a'n cyfyngu gan amser.'

Yn yr un modd, mae'n amlwg fod lleoliad a chyfleusterau'r ysgol yn effeithio ar ansawdd y ddarpariaeth, oherwydd mynegodd sawl athro'r farn y byddai wal ddringo yn gymorth enfawr ond ei bod yn gostus iawn. Datgelodd ysgolion sydd ar bwys y môr fod amrywiaeth o weithgareddau, megis canŵio neu gaiacio, yn rhan o'u gwersi awyr agored nhw. Er bod y ffaith fod gweithgareddau awyr agored yn orfodol yn y cwricwlwm (National Curriculum for Physical Education, 2008) yn swnio'n dda mewn theori, i gyfateb i bolisïau fel prosiect *The Great Outdoors* (Welsh Government, 2010), y gwir yn ymarferol yw fod ymateb yr athrawon yn dangos bod nifer o wendidau o ran eu cynnwys yn y cwricwlwm. Yn yr achos hwn, dylid defnyddio mewnbwn athrawon i lunio polisi o'r fath neu newidiadau i'r cwricwlwm. Argymhelliad i'r gweithwyr polisi, felly, yw fod AG o ansawdd uchel yn cael ei chyflawni drwy ateb y galw am anturiaethau awyr agored os yw lleoliad yr ysgol yn caniatáu mynediad i gyfleusterau arbenigol, yn ogystal â bod cyllid ar gael gan awdurdodau lleol neu'r Llywodraeth er mwyn talu am gyfleusterau arbenigol newydd (Welsh Government, 2010).

6. Monitro'r ddarpariaeth Addysg Gorfforol o ansawdd uchel

Yn ystod y cyfweliadau daeth mater monitro'r ddarpariaeth AG o ansawdd uchel i'r amlwg. Yn ôl Ofsted (2013), dylai athrawon ddefnyddio'u harbenigedd wedi iddynt werthuso'n drylwyr ansawdd yr addysgu, gan nodi'n fanwl gywir y cryfderau a'r gwendidau, a darparu hyfforddiant ar gyfer staff nad ydynt yn addysgu'n dda yn gyson. Credai wyth athro fod addysgu ar y cyd yn medru cyflawni hyn at ddibenion asesu a monitro, a hefyd am resymau argaeledd cyfleusterau. Teimlai'r athrawon hyn fod cydaddysgu yn ddull anffurfiol sydd â llai o bwysau o'i gymharu â gwers arsylwi, sy'n digwydd yn ffurfiol bob blwyddyn. Yn ogystal, credai'r athrawon fod cydaddysgu yn

ddull effeithiol o werthuso cryfderau a gwendidau ei gilydd, a'i fod yn gwella ansawdd yr addysgu wrth i athrawon fabwysiadu syniadau oddi wrth ei gilydd. Mae dysgu ar y cyd yn caniatáu i aelodau o'r tîm addysgu fod â safbwynt gwahanol i'w partneriaid (Barney a Christenson, 2009), yn ogystal â'u galluogi i rannu eu gwybodaeth a'u harbenigedd o fewn dosbarth gallu cymysg (Grenier, 2011). Mae hyn yn adlewyrchu pwysigrwydd cefnogi pob aelod o'r adran.

Awgrymodd saith o'r athrawon fod darpariaeth AG o ansawdd uchel yn digwydd yn naturiol drwy rannu enghreifftiau o wersi da yn anffurfiol o fewn swyddfa'r adran AG. Yn fwy ffurfiol, credai un athro fod arfer dda o fonitro AG ansawdd uchel yn digwydd yn yr adran drwy ddiwrnod asesu mewnol TGAU, hynny yw, diwrnod lle mae athrawon yn croes-farcio gwaith ei gilydd er mwyn sicrhau bod y marciau'n gywir cyn anfon y marciau terfynol i'r marciwr allanol: 'Fe fyddwn ni'n cael diwrnod asesu mewnol ble byddwn ni'n sicrhau bod ein marciau ni yn gywir cyn bod yr aseswraig allanol yn dod ym mis Mawrth. Dw i'n credu bod hwnna yn bwysig.' (Mr Bevan). O fewn pob maes addysgu mae'n hanfodol cael cysondeb o ran marcio er mwyn lleihau tuedd a rhagfarn (Qualifications and Curriculum Authority, 2009). Eto, mae hyn yn pwysleisio bod athrawon yn dangos eu bod yn gweinyddu'r swydd yn fanwl o ddydd i ddydd, ac felly yn deall yn well 'sut' i wneud y gwaith.

Crynhoi

Nod yr astudiaeth oedd darganfod canfyddiadau athrawon AG ynghylch dysgu AG o ansawdd uchel mewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn ne Cymru. Pwrpas yr ymchwil oedd darganfod a oedd canfyddiadau'r athrawon AG yn debyg i'r ymchwil arbenigol a gyflawnwyd a pholisïau'r Llywodraeth, a chymharu'r theori â'r cyd-destun ymarferol. Amcan arall oedd llenwi'r bwlch yn yr ymchwil ac amlinellu sut mae canfyddiadau athrawon AG yn darparu rhan o'r ateb yn narlun cyfan AG o ansawdd uchel. Yn y pen draw, gellid defnyddio canfyddiadau'r athrawon i ddylanwadu ar bolisïau'r Llywodraeth yn y dyfodol. Daeth chwe phrif thema i'r amlwg yn y gwaith ymchwil ar gyfer yr astudiaeth hon, gan gynnwys enghreifftiau o debygrwydd rhwng y theori a chanfyddiadau'r athrawon, megis creu amgylchedd dysgu cadarnhaol. Fodd bynnag, roedd rhai gwahaniaethau mawr rhwng y theori a'r ymarfer, er enghraifft dryswch o ran y termau llythrennedd corfforol a llythrennedd mewn AG.

Un peth a wnaeth gyfyngu ar yr astudiaeth oedd fod yr athrawon yn y sampl yn dysgu mewn ysgolion cyfrwng Cymraeg yn unig, gan olygu nad yw'n cynrychioli'n gywir ganfyddiadau athrawon AG drwy Gymru gyfan. Fodd bynnag, gall hyn hefyd gael ei weld yn gryfder gan fod prinder ymchwil penodol ar AG cyfrwng Cymraeg, yn enwedig yn ne Cymru. Un o gryfderau amlwg yr ymchwil hwn yw ei fod yn cyfrannu at wybodaeth a dealltwriaeth o'r maes ymarferol. Gan mai ysgolion Cymraeg yn unig a gymerodd ran yn yr ymchwil, mae'n rhaid bod yn ofalus wrth sôn am ei oblygiadau yn gyffredinol. Er hyn, mae ysgolion cyfrwng Cymraeg yn defnyddio'r un cwricwlwm ag ysgolion cyfrwng Saesneg yng Nghymru. Fodd bynnag, o'r sampl o athrawon yn yr ymchwil hwn, roedd tri phrif oblygiad amlwg o ran cyfrannu i'r proffesiwn AG:

1. gweithio ar un diffiniad clir o lythrennedd corfforol;
2. cydnabod pwysigrwydd y berthynas rhwng yr athro a'r disgyblion er mwyn creu amgylchedd dysgu cadarnhaol;

3. cynnig sesiynau gan weithwyr polisi i addysgu athrawon AG ar ddiffinio a phwysigrwydd llythrennedd corfforol.

Dylai ymchwil yn y dyfodol ystyried canfyddiadau mwy o athrawon a'u barn ar y term 'llythrennedd corfforol' a sut mae datblygu unigolion ar eu llwybr llythrennedd corfforol eu hunain (Chwaraeon Cymru, 2010). Byddai ymchwil gweithredol i gyflwyno'r diffiniad a ddefnyddir gan y Llywodraeth i athrawon AG ledled Cymru yn codi ymwybyddiaeth ac yn sicrhau bod y term yn eglur. Yn ogystal, gellid ymestyn yr ymchwil i'r sector cynradd er mwyn darganfod canfyddiadau athrawon ysgolion cynradd, gan fod nifer o athrawon cynradd yn ddihyder wrth addysgu AG (Taplin, 2013).

Diolchiadau

Mae'r awduron yn ddiolchgar i'r Coleg Cymraeg Cenedlaethol am ariannu'r prosiect.

Llyfryddiaeth

Alfrey, L., Webb, L., a Cale, L. (2012), 'Physical education teachers' continuing professional development in health-related exercise: a figurational analysis', *European Physical Education Review,* 18 (3), 361–79.

Alliance for Excellent Education (2004), *Tapping the Potential: Retaining and Developing High-quality New Teachers,* http://www.all4ed.org/publications/TappingThePotential/TappingThePotential.pdf (Cyrchwyd: 6 Tachwedd 2014).

Almond, L. (2013), 'Physical literacy and its association with health', *ICSSPE Bulletin – Journal of Sport Science and Physical Education,* 65, 228–35.

Association for Physical Education (2008a), *Association for Physical Education Health Position Paper* (Worcester: AfPE).

Association for Physical Education (2008b), *The Reality of High Quality Physical Education: The Crucial Role of Leadership* (Reading: Coachwise).

Association for Physical Education (2011), *National Curriculum Review: Response from the Association for Physical Education* (Worcester: Association for Physical Education).

Barney, D., a Christenson, R. (2009), 'Physical Education majors team teaching in an early field experience in a junior high school setting', *Asian Journal of Physical Education & Recreation,* 15 (2), 16–22.

Berg, K. E., a Latin, R. W. (2008), *Research Methods in Health, Physical Education, Exercise Science and Recreation,* 3ydd argraffiad (Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins).

British Educational Research Association (2011), *Ethical Guidelines for Educational Research* (London: British Educational Research Association).

Brophy, S., Rees, A., Knox G., et al. (2012), 'Child fitness and father's BMI are important factors in childhood obesity: a school based cross-sectional study', *PLoS ONE,* 7(5).

Cale, L., a Harris, J. (2009), 'Ofsted – "brief encounters of a second kind"?!', *Physical Education and Sport Pedagogy,* 14 (1), 41–58.

Capel, S. (2005), 'Teachers, teaching and pedagogy in Physical Education', yn: Green, K. a Hardman, G. (goln), *Physical Education: Essential Issues* (London: SAGE).

Capel, S., a Whitehead, M. (2010), *Learning to Teach Physical Education: A Companion to School Experience*, 3ydd argraffiad (Oxon: Routledge).

Chandler, L. J. T., Cronin, M., a Vamplew, W. (2007), *Sport and Physical Education: the Key Concepts* (Oxon: Routledge).

Chwaraeon Cymru (2010), *Gweledigaeth ar gyfer Chwaraeon yng Nghymru* (Caerdydd: Chwaraeon Cymru). http://sport.wales/media/506919/sport_wales_welsh_vision_doc_reprint_all_v3.pdf (Cyrchwyd: 6 Tachwedd 2014).

Creswell, J. W. (2007), *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing among Five Approaches*, ail argraffiad (London: SAGE).

Department for Education (2011), *The School Curriculum: Aims, Values and Purposes,* http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/b00199676/aims-values-and-purposes/aims (Cyrchwyd: 6 Tachwedd 2014).

Department for Education and Skills (2002), *Literacy in Physical Education: Key Stage 3 National Strategy* (London: Crown).

Department for Education and Skills (2003), *Learning through PE and Sport: a Guide to the Physical Education, School Sport and Club Links Strategy* (Annesley: DfES).

Department for Education and Skills (2005), *A Guide to Self-evaluating and Improving the Quality of PE and School Sport: Do you have High Quality PE and Sport in your School?* (Annesley: DfES).

Elo, S., a Kynga, S. H. (2008), 'The qualitative content analysis process', *Journal of Advanced Nursing*, 62 (1), 107–15.

Estyn (2012a), *Physical Education in Secondary Schools: February 2012* (Cardiff: Crown).

Estyn (2012b), *Supporting more Able and Talented Pupils in Secondary Schools: June 2012* (Cardiff: Crown).

Fleming, N. D. (2001), *Teaching and Learning Styles: VARK Strategies*. Honolulu Community College.

Fleming, T. M., a Bunting, L. (2007), *PE Connections: Helping Kids Succeed through Physical Activity* (Leeds: Human Kinetics).

Gower, C. (2010), 'Planning in PE', yn Capel, S. a Whitehead, M. (goln), *Learning to Teach Physical Education in the Secondary School: A Companion to School Experience*, 3ydd argraffiad (Oxon: Routledge), tt. 24–45.

Graham, G. (2008), *Teaching Children Physical Education: Becoming a Master Teacher*, 3ydd argraffiad (Leeds: Human Kinetics).

Grenier, M. A. (2011), 'Co teaching in Physical Education: a strategy for inclusive practice', *Adapted Physical Activity Quarterly*, 28, 95–112.

Grŵp Gorchwyl a Gorffen ar Ysgolion a Gweithgarwch Corfforol (2013), *Llythrennedd Corfforol – Dull Cymru Gyfan ar gyfer Cynyddu Lefelau Gweithgaredd Corfforol ymysg Plant a Phobl Ifanc* (Caerdydd: Y Goron).

Guba, G. E., a Lincoln, S. Y. (1985), *Naturalistic Inquiry* (London: SAGE).

Hastie, P., a Glotova, O. (2012), 'Analysing qualitative data', yn Armour, K. a Macdonald, D. (goln), *Research Methods in Physical Education and Youth Sport* (Oxon: Routledge), tt. 309–20.

Haydn-Davies, D. (2005), 'How does the concept of physical literacy relate to what is and what could be the practice of Physical Education?', *British Journal of Teaching Physical Education,* 36 (3), 45–8.

Kelly, L. E., a Melograno, V. J. (2004), *Developing the Physical Education Curriculum: An Achievement-based Approach* (Champaign, IL: Human Kinetics).

Kerry, T. (2002), *Learning Objectives, Task-setting and Differentiation* (Cheltenham: Nelson Thornes).

Krippendorff, K. (2012), *Content Analysis: An Introduction to its Methodology.* (London: SAGE).

Lambirth, A., a Bailey, R. (2000), 'Promoting a positive learning environment', yn Bailey, R. a Macfadyen, T. (goln), *Teaching Physical Education: 5–11* (London: Continuum), tt. 28–36.

Lancaster, G., Dodd, S., a Williamson, P. (2004), 'Design and analysis of pilot studies: recommendations for good practice', *Journal of Evaluation in Clinical Practice,* 10 (2), 307–12.

Llywodraeth Cymru (2014), *Y Llwybr Gordewdra: Diweddariad ar Ymatebion y Byrddau Iechyd Lleol* (Caerdydd: Y Goron).

Llywodraeth Cynulliad Cymru, (2008), Addysg gorfforol yng Nghwricwlwm Cenedlaethol Cymru: Cyfnodau Allweddol 2–4 (Caerdydd: Y Goron).

Macfadyen, T., a Bailey, R. (2002), *Teaching Physical Education 11–18* (Essex: Biddles).

Merriam, S. B. (1998), *Qualitative Research and Case Study Applications in Education* (San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers).

Morgan, K., Bryant, A., a Diffey, F. (2013), 'The effects of a collaborative mastery intervention programme on physical literacy in Primary PE', *ICSSPE Bulletin – Journal of Sport Science and Physical Education*, 65, 140–53.

Mosston M., ac Ashworth, S. (2002), *Teaching Physical Education*, 5ed argraffiad (San Francisco: Benjamin Cummings).

Myers, E. (2010), 'Maximising preferred learning styles', *Physical Education Matters*, 5 (3), 21–5.

Ofsted (2013), *Beyond 2012 – Outstanding Physical Education for All: Physical Education in Schools 2008–2012* (Manchester: Ofsted).

O'Sullivan, M., a MacPhail, A. (2010), *Young People's Voices in Physical Education and Youth Sport* (Oxon: Routledge).

Patton, M. Q. (2002), *Qualitative Evaluation and Research Methods* (London: SAGE).

Qualifications and Curriculum Authority (2009), *Research into Marking Quality: Studies to Inform Future Work on National Curriculum Assessments* (London: QCA).

Riddoch, C., Edwards, D., Page, A., et al. (2005), 'The European Heart Study – cardiovascular risk factors in children: rationale, aims, study design and validation of methods', *Journal of Physical Activity and Health,* 2, 115–29.

Ritchie, J., a Lewis, J. (2003), *Qualitative Research Practice: A Guide for Social Science Students and Researchers* (London: SAGE).

Sandford, R. A., Armour, K. M., a Duncombe, R. (2009), *Positive Adults for Positive Youth Development in Physical Activity Interventions: Negotiating Boundaries.* Cyflwynwyd yn AIESEP Specialist Symposium, Florida, UDA (Medi).

Shein, P. P., a Chiou, W. (2011), 'Teachers as role models for students' learning styles', *Social Behaviour and Personality*, 39 (8), 1097–104.

Shen, X. J., ac Yu, K. H. (2000), 'Analysis on PE model in elementary and high schools in point of quality education', *Zhejiang Sports Science*, 22 (6), 8–14.

Siedentop, D. (1991), *Developing Teaching Skills in Physical Education*, 3ydd argraffiad (Palo Alto, CA: Mayfield).

Silverman, D. (2000), *Doing Qualitative Research: A Practical Handbook* (London: SAGE).

Sports Council for Wales (2005), *Dragon Sport Policy: Council Paper* (Cardiff: Sports Council for Wales).

Subban, P. (2006), 'Differentiated instruction: a research basis', *International Education Journal*, 7 (7), 935–47.

Sutliff, M., Higginson, J., ac Alstott, S. (2008), 'Building a positive learning environment for students: advice to beginning teachers', *Strategies: American Journal for Physical and Sport Educators*, 22, 31–4.

Taplin, L. (2013), 'A story of physical literacy in primary initial teacher training and education', *ICSSPE Bulletin – Journal of Sport Science and Physical Education*, 65, 228–35.

Tongco, M. D. C. (2007), 'Purposive sampling as a tool for informant selection', *Ethnobotany Research & Application,* 5, 147–58.

Turner, D. W. (2010), 'Qualitative interview design: a practical guide for novice investigators', *The Qualitative Report,* 15 (3), 754–60.

Welsh Government (2010), *The Great Outdoors,* http://gov.wales/topics/environmentcountryside/farmingandcountryside/cap/projectsdatabase/caerphilly/greatoutdoors/?lang=cy (Cyrchwyd: 6 Tachwedd 2014).

Whitehead, M. E. (2010), *Physical Literacy: Throughout the Lifecourse* (London: Routledge).

Y Parchedig Ddr Noel Davies

Rôl bôn-gelloedd yn atffurfio meinwe cardiaidd: gwerthuso triniaethau ac adnabod risg

Gwerddon

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

Golygydd: **Dr Anwen Jones**

Rôl bôn-gelloedd yn atffurfio meinwe cardiaidd: gwerthuso triniaethau ac adnabod risg

Y Parchedig Ddr Noel Davies

1. Cyflwyniad

Mae ymchwil diweddar ar *fôn-gelloedd[1] wedi dangos fod gan y celloedd hyn botensial *atffurfiannol mewn ystod o feinweoedd. Bydd yr erthygl hon yn adolygu ac yn gwerthuso potensial atffurfiannol mathau amrywiol o fôn-gelloedd, a hynny'n benodol mewn perthynas ag atffurfio meinwe cardiaidd yn dilyn *cnawdnychiad myocardiaidd neu drawiad ar y galon. Yn wahanol i gelloedd arferol, nid oes gan fôn-gelloedd *delomerau terfynol ar y moleciwlau DNA sy'n eu hatal rhag amlhau'n ddiderfyn. Gallant felly *wahaniaethu (neu gael eu gwahaniaethu) i'r tri math o haenau meinweol y mae organau'r corff yn datblygu ohonynt, sef *endoderm, *mesoderm ac *ectoderm, a lunnir yn gyntaf yn *deratoma, strwythur o gelloedd embryonig sy'n cynnwys y tair haen.

Yn ystod y degawd diwethaf, mae amrywiaeth o fôn-gelloedd wedi eu defnyddio'n arbrofol *in vitro* mewn modelau anifeilaidd i ymchwilio i fecanweithiau biolegol sydd ynghlwm wrth atffurfio meinwe cardiaidd. Er bod meinwe cardiaidd dynol yn arddangos ychydig arwyddion o atffurfiant cyfyngedig yn dilyn cnawdnychiad myocardiaidd, ni all y meinwe atffurfiedig hwn gynnal *gweithrediad fentriglaidd digonol. Ond dangoswyd bod bôn-gelloedd, yn wir, yn medru gwella gweithrediad fentriglaidd mewn modelau anifeilaidd. Tan yn ddiweddar, bu *treialon hapsamplu rheolyddedig braidd yn brin. Bydd yr erthygl hon yn canolbwyntio, felly, ar ddadansoddi'r ymchwil biolegol ac ar werthuso canlyniadau arbrofion ar anifeiliaid a modelau *in vitro.*

Sail yr ymchwil sy'n gefn i'r erthygl hon yw cyhoeddiadau gwyddonol wedi eu harfarnu a ymddangosodd ar y we cyn haf 2012. Gwelwyd rhai datblygiadau cyffrous yn y maes hwn yn y cyfnod wedi hynny, yn arbennig ym maes cymhwyso clinigol. Safbwynt yr erthygl, fodd bynnag, yw nad yw'r datblygiadau hyn wedi tanseilio casgliadau sylfaenol yr adolygiad o'r llenyddiaeth sy'n sail i'r astudiaeth hon.

2. Adolygu'r llenyddiaeth

Astudiwyd yr ymchwil academaidd a gyhoeddwyd yn y maes hwn dros y ddau ddegawd diwethaf. Fe'i cyhoeddwyd i raddau helaeth yn sgil llwyddiant sylweddol therapi atffurfiannol yn seiliedig ar fôn-gelloedd mewn cyd-destunau clinigol eraill, megis afiechydon *haematolegol (drwy drawsblaniadau mêr esgyrn), niwed i fadruddyn y cefn, ac yn fwy diweddar niwed i organau'r llygad o ganlyniad, er enghraifft, i ddirywiad y macwla.

[1] Mae termau technegol sydd â seren (*) wrth eu hymyl yn ymddangos mewn Geirfa ar ddiwedd yr erthygl hon.

2.1 Potensial atffurfiannol bôn-gelloedd: trosolwg

Dengys astudiaethau fod potensial atffurfiannol bôn-gelloedd yng nghyd-destun meinwe cardiaidd sydd wedi ei niweidio yn amrywio yn ôl y math o fôn-gelloedd a ddefnyddir. Defnyddiwyd yr ystod cyflawn o'r bôn-gelloedd sydd ar gael ar hyn o bryd mewn ymchwil a threialon cyn-glinigol.

Mae gan *fôn-gelloedd embryonig y potensial i ddatblygu yn nifer o fathau gwahanol o gelloedd. Fodd bynnag, mae cryn ddadlau moesol yn eu cylch, megis: a ydyw embryo yn fod dynol? Os ydyw, a oes hawl foesol i ddefnyddio embryo a erthylwyd i ddibenion arbrofol neu glinigol? Os nad ydyw'n fod dynol o ddechrau ei fodolaeth yn y bru, ar ba adeg y mae'n dderbyniol i ddefnyddio embryo ar gyfer ymchwil ac ati, a pha bryd y mae embryo yn rhy ddatblygedig i ganiatáu hynny? Nid yw *bôn-gelloedd amlbotensial a gesglir o organeb sy'n cael ei thrin yn codi'r un cwestiynau moesol â bôn-gelloedd embryonig, ond y mae ganddynt gryn botensial atffurfiannol. Yn yr un modd, mae bôn-gelloedd sydd wedi eu haddasu er mwyn adfer eu gallu amlbotensial (*bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig) yn cynnig potensial therapiwtig sylweddol. Gwnaed gwaith arloesol yn y maes hwn gan James A. Thomson (Kaufman a Thomson, 2001) a'i ddatblygu ymhellach gan eraill (Takahashi et al., 2007).

Yn fwy diweddar, cafodd bôn-gelloedd cardiaidd sy'n tarddu o feinweoedd cardiaidd yr organeb ei hun (*bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol) a *bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig eraill gryn sylw, a gallai'r rhain fod yn cynnig y potensial mwyaf o ran atffurfio meinwe cardiaidd.

2.2 Mecanweithiau biolegol atffurfiant meinweoedd cardiaidd drwy fôn-gelloedd

Dangoswyd bod ystod eang o fecanweithiau biolegol yn ysgogi atffurfiant meinweoedd cardiaidd drwy fôn-gelloedd. Fodd bynnag, mae nifer o ymchwilwyr (megis Rajala et al., 2011) wedi honni fod y broses wahaniaethol yn debygol o ddibynnu ar fecanwaith cymhleth o arwyddion nad yw eu manylion wedi eu deall yn llwyr eto, a'i bod yn hollol bosibl fod llinellau gwahanol o fôn-gelloedd yn gofyn am fecanweithiau gwahanol. Er hynny, awgrymwyd bod nifer o elfennau i fecanweithiau o'r fath.

Fel y nodwyd eisoes, dangosodd Takahashi et al. (2007) y gellid cynhyrchu bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig o gelloedd amrywiol yn y corff dynol gan ddefnyddio'r un *ffactorau trawsgrifio ag a ddefnyddiwyd mewn perthynas â bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig llygod, sef Oct3/4, Sox2, Klf4 a c-Myc. Bryd hynny, roeddent yn cydnabod fod dealltwriaeth o'r mecanwaith sy'n gwneud hyn yn bosibl yn annigonol ond roeddent yn dyfalu y gallai'r ddau olaf fod yn newid strwythur *cromatin fel y gallai'r ddau flaenaf *adlynu yn fwy effeithiol wrth eu targedau (Yamanaka, 2007).

Dangosodd Florian et al. (2010) fod *peptid arbennig a'r ffurf ohono sy'n bodoli mewn meinwe embryonig[2] yn dylanwadu ar dderbyniad glwcos yng nghelloedd cyhyrol cardiaidd llygod Ffrengig newydd-anedig. O ganlyniad, gallai'r cemegion hyn fod â rôl yn cynnal gweithrediad cardiaidd ac ym mharhad celloedd yn ystod cyfnod o bwysau metabolaidd. Mae'r ymchwilwyr yn rhagdybio y gallai'r mecanweithiau ar gyfer

[2] Sef ocsitosin (OT) ac OT-Gly-Lys-Arg (OT-GKR).

gwahaniaethu a pharhad celloedd gynnwys cynnydd mewn derbyniad glwcos, a allai fod yn ffactor o ran cynyddu gweithrediad cardiaidd yn dilyn trawiad.

Mae Fransioli et al. (2008) wedi awgrymu y gallai protein sy'n gweithredu fel ffactor twf bôn-gelloedd fod yn ffynhonnell atffurfiant sy'n seiliedig ar gelloedd mewn meinwe myocardiaidd ac y gallai ei ddefnyddio wythnos neu ddwy ar ôl niwed myocardiaidd hyrwyddo ehangiad, impwreiddiad a goroesiad meinwe cardiaidd, pan gaiff ei gyflwyno ar y cyd â *chytocinau a *ffactorau twf paracrinaidd. Tanlinellir rôl y ffactorau twf hyn gan Burchfield a Dimmeler (2008), sy'n nodi eu bod yn cael eu rhyddhau i'r meinweoedd cyfagos gan fôn-gelloedd a drawsblannwyd ac yn awgrymu fod ganddynt y potensial i effeithio'n uniongyrchol ar y broses iachâu yn y galon. Mae hyn yn cynnwys cyfrannu at greu organau newydd neu gynorthwyo i atffurfio organau a niweidiwyd (sef *neofasgwlareiddio), difa celloedd a niweidiwyd (sef *apoptosis), yn ogystal â gwella gallu celloedd i gyfangu a llaesu (sef *cyfangoldeb) a chael eu hatffurfio (sef *atffurfiant mewndarddol).

Mae'r ymchwil a gafodd sylw uchod yn canolbwyntio ym mhob achos ar un agwedd o fecanweithiau biolegol posibl ac nid oes unrhyw un o'r rhain wedi ei amlygu ei hun gydag unrhyw eglurder hyd yn hyn fel y prif ffactor yn y broses. Felly, mae'n debygol y gallai mecanwaith tra chymhleth fod ar waith ar amrywiol adegau o'r broses drawsblannu, gwahaniaethu ac *impwreiddio. Byddai hyn yn gofyn am ymchwil wedi ei dargedu ar ddatblygu modelau cyn-glinigol o dechnegau cludo, impwreiddio a therapi amlddimensiwn.

*2.3 Mecanweithiau atffurfiannol yng nghalonnau pysgod rhesog (*Danio rerio*) a'u cymhwysedd posibl yn atffurfiant meinwe cardiaidd dynol*

Bu ymchwil i botensial atffurfiannol pysgod rhesog (neu bysgod 'sebra'), yn arbennig mewn perthynas â meinwe cardiaidd a niweidiwyd, yn arbennig o gynhyrchiol yn datgelu mecanweithiau biolegol yn y maes hwn.

Adroddodd Ni et al. (2011) fod tri moleciwl[3] wedi eu nodi fel moleciwlau sy'n cynnig mecanwaith atffurfiannol effeithiol mewn pysgod rhesog. Maent yn gweithredu drwy ysgogi cynnydd yn nifer y celloedd, ehangu *celloedd epiliol gardiaidd, a hyrwyddo gwahaniaethu i gelloedd cyhyrol cardiaidd sy'n trechu ac yn gwrthdroi'r dilyniant genynnol sydd fel arfer yn rheoli datblygiad y galon (sef *ffenoteipiau cardiaidd cymelledig).

Nodwyd gan Chablais et al. (2011) fod gan *ffibroblastau rôl allweddol yn rheoli cynhyrchu a diraddio celloedd cyhyr calon mewndarddol mewn pysgod rhesog. Dangoswyd ganddynt hefyd fod ffibroblastau yn cynyddu ar raddfa gyflymach ar hyd y mur fentriglaidd a gnawdnychwyd, a'u bod felly'n cyfrannu at yr hyn a alwant yn 'ddeinamig pensaernïol' y meinweoedd sydd wedi eu lladd o ganlyniad i drawiad ar y galon.

Awgrymodd Poss et al. (2007) dri mecanwaith posibl parthed atffurfiant meinwe cardiaidd mewn pysgod rhesog. Un mecanwaith posibl yw fod celloedd cyhyr calon sydd eisoes wedi eu gwahaniaethu yn mynd i mewn i'r *gylchred celloedd ac yn

[3] Cardionogen 1-, 2-, a 3-.

ailffurfio'r meinwe a niweidiwyd. Ail bosibilrwydd yw fod celloedd epiliol sydd heb eu gwahaniaethu (ac sydd felly'n ymdebygu i fôn-gelloedd, heblaw eu bod eisoes ar eu ffordd i gael eu ffurfio i'w mathau arfaethedig o gelloedd) yn cael eu hysgogi i ffurfio celloedd cyhyr calon newydd. Y trydydd posibilrwydd yw mecanwaith y mae Poss yn ei ddisgrifio fel *chimera* o'r ddau arall, lle mae celloedd yn cael eu *dadwahaniaethu ac yna'n cael eu hysgogi i ymffurfio'n gelloedd *cyhyr calon cyfangol sy'n arwain at atffurfiant. Awgryma astudiaethau diweddarach gan Lepilina (2006), er enghraifft, fod celloedd epiliol sydd heb wahaniaethu ac sy'n ymdebygu i'r celloedd sy'n ffurfio'r maes cardiaidd embryonig yn gyfrifol am gynhyrchu celloedd cyhyr calon epiliol newydd yn ystod y broses o atffurfiant (Poss, 2006). Fodd bynnag, bu iddynt nodi hefyd fod ffynhonnell y celloedd epiliol hyn yn anhysbys bryd hynny, er yr ymddengys mai'r rhagdybiaeth yw fod iddynt darddiad cardiaidd. Ar ddiwedd eu hastudiaeth, mae Poss yn dod i'r casgliad nad oes unrhyw un o'r gwahaniaethau rhwng calonnau fertebratau is a chalonnau fertebratau uwch yn cau allan y posibilrwydd y gellir ysgogi'r galon famalaidd i atffurfio, yn arbennig os bydd yr atffurfiant hwnnw'n tarddu o gelloedd epiliol sydd heb wahaniaethu (Poss, 2007).

Er hynny, mae un cwestiwn pellach: a fyddai'n bosibl i'r mecanweithiau hyn a ganfuwyd mewn pysgod rhesog gael eu trosglwyddo nid yn unig i fodelau fertebraidd ond hefyd i driniaethau therapiwtig clinigol?

Mae Chablais et al. (2011) yn dyfalu y gallai dealltwriaeth lawnach o'r ffactorau cyffredinol hyn sydd ar waith yn amgylchedd y broses atffurfio gyfrannu tuag at ddatblygu strategaethau therapiwtig. Awgryma Poss (2007) fod astudiaethau ar bysgod rhesog a chalonnau oedolion mamalaidd yn dangos fod y naill a'r llall yn cynnwys meinwe *epicardiaidd a chelloedd epiliol cardiaidd ond nad yw'r rhain yn weithredol yng nghalonnau mamaliaid. Mae'n awgrymu fod canlyniadau'n dangos fod hyd yn oed fertebratiaid sydd â photensial uchel parthed atffurfiant cardiaidd yn meddu ar duedd gynhenid tuag at fecanwaith sy'n arwain at greithio. Yn arferol, mae atffurfiant rywfodd yn rhwystro'r llwybr hwn a gallai fod goblygiadau therapiwtig cyffrous i hyn. O ddiddordeb arbennig mae adroddiad gan Kuhl a Kuhl (2011) sy'n dangos y gellir atffurfio *calonnau trychedig llygod diwrnod oed mewn modd sy'n cynhyrchu celloedd cyhyr cardiaidd a bod y mecanweithiau moleciwlaidd yn debyg i'r rheini sydd ar waith mewn pysgod rhesog, gan awgrymu cyfeiriadau newydd tuag at ganfod moleciwlau a mecanweithiau sy'n atal hyn yn ddiweddarach yn ystod eu bywyd (Kuhl a Kuhl, 2011). Daw Poss i'r casgliad y bydd yr hyn a ddysgir am atffurfiant cardiaidd naturiol mewn pysgod rhesog yn debygol o barhau i gynnig cipolwg ar fethiannau atffurfiannol mewn pobl, yn ogystal, efallai, â therapïau. (Poss, 2007)

2.4 Potensial therapiwtig bôn-gelloedd mewn perthynas ag atffurfio meinwe cardiaidd yn dilyn cnawdnychiad myocardiaidd

Yn wyneb yr hyn a amlinellir uchod a'r casgliadau y daethpwyd iddynt, y cwestiwn yn awr yw hwn: a ydyw'r posibiliadau hyn yn arddangos unrhyw fanteision clinigol sydd wedi eu profi? Mae Marban et al. (2012) yn adrodd am un o'r treialon hapsamplu rheolyddedig cyntaf ar botensial therapiwtig bôn-gelloedd. Yn benodol, defnyddiwyd bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig a gwelwyd cryn dystiolaeth o leihad mewn meinwe creithiog, cynnydd mewn cyfangiad ac elfen o wellhad yng ngweithrediad y

fentrigl chwith. Felly, tybiwyd bod bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig yn perfformio'n well na bôn-gelloedd mêr asgwrn o safbwynt y potensial i ddatblygu a chynyddu meinwe newydd, i atal marwolaeth celloedd, ac i gynhyrchu ffactorau sy'n hybu twf, impwreiddio meinwe ac effeithiolrwydd atffurfiannol.

Dangosodd Elnakish et al. (2012) fod bôn-gelloedd o fêr asgwrn yr organeb ei hun, neu o organeb arall, er gwaethaf problemau cychwynnol gyda goroesiad celloedd, wedi cael canlyniadau cadarnhaol mewn *treialon clinigol, gyda'r galon a'r ysgyfaint yn gweithio'n well, llai o *arhythmia ac arwyddion da o ran diogelwch y driniaeth. Fodd bynnag, awgrymant y dylid ceisio deall y mecanwaith biolegol yn well ac y dylid hefyd ddatblygu strategaethau cludo a rhaglenni *ffarmacolegol mwy effeithiol cyn iddynt gael eu hystyried ar gyfer triniaeth glinigol awdurdodedig. Yn gyffredinol, y dystiolaeth yw fod atffurfiant yn fwy effeithiol pan ddefnyddir bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig na phan ddefnyddir bôn-gelloedd eraill.

2.5 Mecanweithiau allweddol mewn cludiant ac impwreiddiad

Ceir cytundeb cyffredinol fod strategaethau therapiwtig effeithiol yn debygol o ddibynnu ar ddatblygu cludiant ac impwreiddiad effeithiol ar gyfer bôn-gelloedd. Nodir yma dri maes ymchwil sy'n ymwneud â'r mecanweithiau hyn:

*2.5.1 *Fectorau (neu fecanweithiau cludiant) firol neu *fectorau plasmidol*

Roedd dulliau cynnar o gludo bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig – gan gynnwys y dulliau a ddefnyddiwyd gan Thomson – yn ddibynnol ar systemau firol i gludo DNA bôn-gelloedd i'r targedau (proses a elwir yn *drawsddygiad). Er bod y systemau hyn yn dra effeithiol, roedd iddynt radd uchel o risg (e.e. o ddatblygu cancr). O ganlyniad, datblygwyd ffyrdd eraill o wneud hyn, gan ddefnyddio ystod eang o therapïau genetig di-firol a mecanweithiau plasmidol. Daw Holladay et al. (2009) i'r casgliad mai cymedrol oedd manteision y therapïau hyn. Er eu bod yn gymharol ddi-risg, gallai plasmidau yn ddamweiniol 'ddihuno' neu ysgogi genynnau sy'n medru cynhyrchu cancr i ddechrau gweithredu. Felly, mae Abujarour a Ding (2009) yn adrodd am ddatblygiad bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig sy'n llai tebygol o gael eu hymgorffori yn y *genom ac yn lleihau'r perygl o actifadu genynnau sy'n ffurfio cancr.

*2.5.2 *Ysgogiad trydanol*

Awgrymodd Huang et al. (2011) y gallai model therapiwtig sy'n cyfuno ysgogiad trydanol â thrawsblaniad bôn-gelloedd arwain at leihad yn y straen ar fur y galon a gwelliant yn sgil hyn yn nodweddion *electroffisiolegol y galon, er eu bod hefyd yn cydnabod perygl arhythmia.

2.5.3 Catalyddion a sgaffaldau nanodechnolegol

Trwy ddefnyddio dulliau nanodechnolegol, datblygwyd darnau o feinwe cardiaidd artiffisial sy'n cynnig llwyfan mecanyddol ond sydd hefyd yn cludo'r deunyddiau biolegol angenrheidiol ar gyfer atffurfio meinwe cardiaidd. Defnyddiodd Zhang et al. (2011) *ddarnau sidan ffibroin-seiliedig a gwelwyd gwelliant sylweddol o'i gymharu â'r mecanweithiau confensiynol o gludo bôn-gelloedd. Adroddodd Kim et al. (2011) hefyd am ddatblygu *hydrogel drwy ddefnyddio *nanodechnoleg.[4] Hydrogelau sy'n meddu

[4] Yn eu geiriau hwy, `hydrogel that is defined topographically'.

ar wenwynedd ac imiwnogenedd isel a ddefnyddiwyd ganddynt, a hynny i gynhyrchu haen wedi ei gwneud o amrywiol rychau a rhigolau (sef is-haen *anisotropig) sy'n anelu at ddynwared y strwythurau sy'n bodoli yn y meinwe ei hun. Gellid defnyddio'r rhain wedyn i feithrin bôn-gelloedd a'u cludo i fangre'r cnawdnychiad. Dônt i'r casgliad y gall y broses hon gynyddu effeithiolrwydd trawsblaniadau fel eu bod yn ymdebygu i gilfachau bôn-gelloedd cardiaidd.

Fe wnaeth Dvir et al. (2011) ymgorffori nanowifrau aur oddi mewn i sgaffaldau wedi eu llunio o *alginad i gludo darnau bôn-gelloedd i'r rhan o'r galon oedd wedi ei niweidio, a darganfod fod y dull hwn yn gwella cyfathrebu trydanol rhwng celloedd cyfagos, yn hybu curiadau'r celloedd hyn, yn ogystal â chynhyrchu meinweoedd mwy trwchus a chyfun na'r rhai a dyfwyd ar alginadau dilychwin (gweler uchod).

3. Potensial therapiwtig ymblaniadau bôn-gelloedd mewn atffurfiant cardiaidd: gwerthusiad

3.1 *Canlyniadau ymchwil cyfredol mewn labordy (in vitro) ac mewn cyd-destun clinigol (in vivo)*

Mae'r ymchwil a adolygwyd yn yr adran flaenorol yn gosod allan yr ystod eang o ymchwiliadau parthed potensial ymblaniadau bôn-gelloedd ar gyfer datblygu technegau therapiwtig gyda golwg ar atffurfiant meinweoedd cardiaidd. Bu i ymchwil *in vitro* a'r ymchwil *in vivo* llawer mwy cyfyngedig ganolbwyntio'n bennaf ar fôn-gelloedd amlbotensial cymelledig, bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol a bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig. Mae tystiolaeth yr arbrofion, yn fwyaf arbennig ar bysgod rhesog a llygod, yn awgrymu fod potensial sylweddol o atffurfiant mewn meinweoedd cardiaidd, ac mae ymchwil wedi ystyried y graddau yr oedd bôn-gelloedd yn gyfrifol am y fath atffurfiant, yn ogystal â'r gwelliant mewn gweithrediad fentriglaidd a oedd yn dilyn hyn mewn achosion o gnawdnychiad myocardiaidd. Mae'r ymchwil clinigol cymharol gyfyngedig yn awgrymu y gellid trosglwyddo rhai o'r ffactorau sy'n ysgogi atffurfiant mewn modelau lle y defnyddiwyd llygod i'r cyd-destun clinigol dynol.

Gellid crynhoi'r dystiolaeth a adolygwyd uchod fel a ganlyn:

3.1.1 Dangosodd Takahashi et al. (2007) fod cynhyrchu bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig yn debygol o ddigwydd drwy addasu strwythurau cromatin un math ar ffactorau trosiadol er mwyn i fathau eraill adlynu yn fwy effeithiol wrth eu targedau.

3.1.2 Mae tystiolaeth a gyflwynwyd gan Florian et al. (2010) a oedd yn seiliedig ar ymchwil i beptidau[5] sy'n dylanwadu ar dderbyniad glwcos yn awgrymu y gallai'r mecanwaith ar gyfer gwahaniaethu a goroesiad celloedd ymwneud â chynnydd yn nerbyniad glwcos.

3.1.3 Awgrymodd Fransoli et al. (2008) y gallai'r defnydd o'r ffactor twf paracrinaidd c-kit, wythnos neu ddwy wedi'r niwed myocardiaidd, gynyddu ehangiad, impwreiddiad a goroesiad meinwe cardiaidd atffurfiedig. Cadarnhawyd hyn gan Burchfield a Dimmeler (2008), a awgrymodd y gellid datblygu therapïau ffarmacolegol ar sail yr ymchwil hwn i ffactorau paracrinaidd.

[5] Ocsitosin a'r asid tri-amino perthynol, OT-GKR

3.1.4 Adroddodd Ni et al. (2011), ar sail ymchwil ar bysgod rhesog, fod cardionogen 1-, 2- a 3- yn medru cael effeithiau atffurfiannol eang ar gelloedd cyhyr cardiaidd a meinwe cardiaidd.

3.1.5 Mae Chablais et al. (2011), a oedd hefyd yn gweithio ar bysgod rhesog, yn honni eu bod wedi dangos fod ffibroblastau yn cynyddu ar gyfradd gyflymach ar hyd muriau fentriglaidd sydd yn y broses o gael eu hatffurfio. Awgrymant fod ffibroblastau yn cyfrannu tuag at ddeinamig pensaernïol meinwe yn dilyn cnawdnychiad ac y gallai dealltwriaeth lawnach o ffactorau amgylcheddol y cyd-destun cardiaidd gyfrannu at strategaethau therapiwtig newydd.

3.1.6 Yn olaf, mae Poss (2007) yn awgrymu tri mecanwaith posibl: (1) fod celloedd cyhyr cardiaidd cyfangol sydd wedi gwahaniaethu yn cael mynediad i'r gylchred celloedd; (2) fod celloedd epiliol sydd heb wahaniaethu yn cael eu sbarduno i ffurfio celloedd cyhyr cardiaidd; neu (3) fod celloedd yn cael eu dadwahaniaethu a'u sbarduno i fod yn gelloedd cyhyr cardiaidd cyfangol. Mae Lepilina (2006) yn ffafrio'r ail bosibilrwydd.

Mae'n anodd dod i unrhyw gasgliadau clir ar sail y sampl cymharol gyfyng hwn, yn absenoldeb modelau arbrofol *in vitro* neu *in vivo*. Fodd bynnag, er nad oes gan yr awdur presennol unrhyw gymwysterau clinigol na meddygol, gellid yn betrus gynnig rhai argymhellion damcaniaethol. Yn gyntaf, dylai ymdrechion i atffurfio meinwe cardiaidd ganolbwyntio ar ddefnyddio bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig, bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol a bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig a/neu *fôn-gelloedd mesencymaidd (yn ddelfrydol wedi eu crynhoi o'r sawl sy'n cael ei drin neu ei thrin). Mae peth tystiolaeth fod y rhain yn fwy effeithiol na bôn-gelloedd o ffynonellau eraill ac mae llai o gwestiynau moesol mewn perthynas â'u defnyddio. Yn ail, mewn cyd-destun arbrofol, mae rôl y ffactorau trawsgrifio[6] a ffactorau twf paracrinaidd[7] yn ymddangos fel petaent yn greiddiol yn y gwaith o sbarduno therapïau bôn-gelloedd mewn meinweoedd cardiaidd sydd wedi eu niweidio. Felly, efallai y gellid datblygu 'pecyn' ffarmacolegol a fyddai'n gwneud y gorau o botensial atffurfiannol y bôn-gelloedd hyn. Mae'n eithaf posibl, fodd bynnag, nad datblygu model therapiwtig sy'n gyffredinol gymwys yw'r opsiwn gorau, ac y byddai'n rhaid seilio unrhyw driniaeth ar asesiad cychwynnol o'r claf ei hun a fyddai'n gwerthuso i ba raddau y byddai'r opsiynau triniaethol hyn yn debygol o fod yn effeithiol mewn cyd-destun clinigol penodol.

Fodd bynnag, byddai her allweddol arall yn aros, sef sut mae sicrhau fod yr ymblaniad bôn-gelloedd yn cael ei gario'n effeithiol i'r targed priodol a bod impwreiddio, twf a datblygiad celloedd cyhyr cardiaidd yn llwyddiannus? Nodwyd yn adran 2 uchod dri maes ymchwil yn ymwneud â mecanweithiau cludiant effeithiol. Profwyd bod fectorau firol a phlasmidol yn weddol effeithiol ond bod ynghlwm wrthynt risg o achosi tiwmorau cancr a ddylai, efallai, eu gwneud yn amhriodol i'w defnyddio mewn triniaeth feddygol. O ganlyniad, ceisiodd Holladay et al. (2009) ddatblygu mecanweithiau cludiant fyddai'n osgoi ymgorffori ffactorau trawsgrifio yng ngenom yr organeb. Dewis arall ar gyfer cludo ac impwreiddio yw defnyddio ysgogiad trydanol ar y cyd â therapi bôn-gelloedd. Mantais y llwybr hwn fyddai gwella *dargludedd a *chydamseredd yn

[6] c-myc, Klf4, Oct a Sox2, ocsitosin a'r OT-GKR perthynol.
[7] Megis c-kit a cardionogen 1-, 2- a 3-.

y meinwe cardiaidd cyfangol. Yr anfantais fyddai risg uwch o arhythmia, ond byddai'n risg y gellid ei rheoli, mwy na thebyg. Datblygwyd y trydydd mecanwaith cludo drwy nanodechnoleg. Mae un ffordd o ymdrin â hyn yn defnyddio strwythur o sgaffaldau biolegol i dyfu a datblygu'r ymblaniadau bôn-gelloedd (Zhang et al., 2011; Kim et al., 2012). Mae dull arall yn ymgorffori nanowifrau aur oddi mewn i sgaffaldau alginaidd (sydd yn osgoi deunydd biolegol allanol ac yn gwella *biogydnawsedd) gan sicrhau cludiant, cyfathrebu trydanol rhyng-gellaidd a chydamseru mwy effeithiol (Dvir et al., 2011).

Un posibilrwydd, felly, yw archwilio'r defnydd o nanowifrau aur *in vitro* ac *in vivo*, ynghyd ag ysgogiad trydanol priodol, fel strategaeth cludo ac impwreiddio ar y cyd ar gyfer bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig, bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol a bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig. Gellid hefyd ystyried *bôn-gelloedd mesencymaidd sy'n defnyddio cyfuniad priodol o ffactorau genetig a ffarmacolegol (ffactorau trawsgrifio, ffactorau twf paracrinaidd, ocsitosin, ayyb), fel yr amlinellwyd uchod. Bu rhai ymchwilwyr yn gadarnhaol iawn ynglŷn â photensial dulliau o'r fath, sy'n gwneud defnydd o therapïau ar gyfer cleifion unigol. Felly, daw Buxton i'r casgliad y bydd llawer o'r effeithiau niweidiol difrifol sydd ynghlwm wrth ddyfeisiau ymblannu meddygol yn mynd yn fwy anarferol wrth i nanodechnoleg gael ei chymhwyso i arwyneb y ddyfais (Buxton, 2009). Fodd bynnag, un peth yw awgrymu'r llwybr hwn fel posibilrwydd damcaniaethol. Ond mewn adolygiad o'r gwaith ymchwil, fel a geir yn yr erthygl hon, mae'n amhosibl cael unrhyw sicrwydd y byddai llwybrau o'r fath yn sicrhau canlyniadau therapiwtig effeithiol.

3.2 Canlyniadau treialon clinigol

Un o'r prif dreialon clinigol yr adroddwyd amdano yn y cyfnod diweddar yw'r un a enwyd yn CADUCEUS (*CArdiosphere-Derived aUtologous stem Cells to reverse dySfunction*) – talfyriad a fathwyd gan y tîm ymchwil ei hun! Daethpwyd i'r casgliad fod gwelliannau mewn nifer o agweddau yn y treial clinigol hwn (Marban et al., 2012; am adolygiad mwy diweddar, gweler Dalton, 2013). Fodd bynnag, roedd yr ymchwil yn seiliedig ar fôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig ac nid oedd yr adroddiad a ymddangosodd yn *The Lancet* (a gyhoeddwyd ar-lein ar 14 Chwefror 2012) yn nodi p'un a ddefnyddiwyd technegau ffarmacolegol neu gludo/impwreiddio ai peidio. Ond mae'r erthygl – mor ddiweddar â 2012 – yn adrodd hefyd fod treialon clinigol sy'n berthnasol i ymagwedd benodol y tîm ymchwil hwn a'r defnydd o fôn-gelloedd mewn treialon clinigol wedi bod yn brin iawn. Dyfynnir adolygiad (a gyhoeddwyd yn 2011) o dreialon clinigol sy'n dod i'r casgliad fod canlyniadau'r genhedlaeth gyntaf o dreialon clinigol wedi bod yn gymysg: mae treialon yn defnyddio *myoblastau ysgerbydol wedi bod yn hollol negyddol, ac mae'r profiad o ddefnyddio celloedd mêr-asgwrn mononiwcleig, er yn fwy cadarnhaol, yn bell o fod yn foddhaol. Awgryma'r adolygiad, fodd bynnag, fod lle i ymchwilio ymhellach i ddulliau gwell o gyfeirio a chludo celloedd, dulliau mwy effeithiol o gadw bôn-gelloedd yn eu lle a'u himpwreiddio, cynhyrchion bôn-gelloedd mwy grymus a mwy safonol, a phoblogaethau mwy addas o gleifion (Malliaras a Marban, 2011). Er yn cydnabod fod lle i rywfaint o optimistiaeth betrus (a hynny'n briodol), maent hefyd yn cymell ymchwil i ddulliau cludo mwy effeithiol, strategaethau gwell er hybu impwreiddiad celloedd, poblogaethau mwy addas o gleifion, cynhyrchion cellog mwy diogel ac effeithiol y gellid eu cael `oddi ar y silff' fel petai, a mathau mwy grymus ar gelloedd. Byddai'r ffactorau hyn yn cydlynu â'r strategaeth a nodwyd uchod.

Awgrymodd gwaith Elnakish et al. (2012) oedd yn defnyddio bôn-gelloedd mesencymaidd fod iddynt gryn botensial clinigol, er y bydd angen mwy o eglurder biolegol cyn y gellir eu defnyddio'n glinigol. Fodd bynnag, hyd at 2012 roedd treialon hapsamplu rheolyddedig yn brin iawn, er bod Elnakish et al. yn nodi fod deg o dreialon clinigol yn digwydd y pryd hwnnw (2012) yn yr Unol Daleithiau, Ewrop ac Asia. Erbyn hyn mae cyfoeth o ymchwil i'r mecanweithiau biolegol sy'n debygol o fod ar waith mewn atffurfiant cardiaidd wedi ei gofnodi, a'r posibilrwydd o fewn ein cyrraedd o ddatblygu triniaethau therapiwtig yn y cyd-destun clinigol fyddai'n rhoi sylw llawn i'r ffactorau risg. Felly, efallai mai'r cam sylweddol nesaf fydd datblygu strategaethau clinigol cyffredinol, yn ogystal â rhai ar gyfer cleifion unigol, yn seiliedig ar fôn-gelloedd amlbotensial cymelledig, bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol a bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig a/neu fôn-gelloedd mesencymaidd, gyda golwg ar atffurfiant meinwe cardiaidd ac er mwyn gwneud profion ar y rhain mewn treialon hapnewidiol.

O gofio effeithiolrwydd triniaethau bôn-gelloedd mewn cyd-destunau clinigol eraill, er enghraifft mewn perthynas â madruddyn y cefn neu ddirywiad y macwla, mae potensial ar gyfer datblygu technegau therapiwtig o'r fath yn y dyfodol cymharol agos yn lled uchel. Fodd bynnag, byddai datblygu ymblaniadau bôn-gelloedd *awtologaidd o'r fath, eu cludo i'r lleoliadau priodol a'u cynnal trwy strategaeth ffarmacolegol gymhleth yn debygol o fod yn gyllidol a chlinigol afresymol o dan yr amodau cyllidol presennol, yn sicr yn y Deyrnas Unedig.

3.3 Canfod heriau a risgiau posibl

3.3.1 Nodwyd rhai o'r heriau yn y maes ymchwil hwn eisoes, sef trosi mecanweithiau biolegol yn driniaethau therapiwtig, datblygu ymagweddau amlddimensiwn, a chlustnodi'r system gario, impwreiddio ac atffurfio fwyaf effeithiol. Fodd bynnag, mae heriau eraill sy'n gofyn am archwilio pellach. Dynodwyd rhai o'r rhain (gan gyfeirio at therapi bôn-gelloedd yn gyffredinol yn hytrach nag atffurfiant meinwe cardiaidd yn benodol) yn strategaeth ddiweddar y Deyrnas Unedig parthed Meddygaeth Atffurfiannol (gweler *UK Strategy*, Ebrill 2012). Mewn adran ar ymchwil sylfaenol yn y pwnc hwn, ymysg y meysydd ymchwil posibl nodir y canlynol:

- datblygu dealltwriaeth o wahaniaethiad celloedd a sut y gellid ei reoli er budd therapïau cell-seiliedig
- llwybrau tuag at ailraglennu, yn cynnwys gwahaniaethu cyfeiriedig a'r defnydd o gemeg biolegol
- datblygu dealltwriaeth o fecanweithiau clefydau, yn tynnu ar bwysigrwydd cynyddol bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig wrth ymchwilio i brosesau clefydol
- bioleg cilfachau bôn-gelloedd
- ansefydlogrwydd genetig yn ystod lluosogi ac ehangu celloedd
- addasiadau arwynebedd allgellol er mwyn cyfeirio datblygiad celloedd
- datblygiad bioddeunyddiau, ar gyfer cynhaliaeth strwythurol a chyfeirio gwahaniaethiad a lluosogi
- ymateb imiwnyddol, yn cynnwys ataliad, goddefiad a breintio imiwnyddol

- mecanweithiau cynnyrch therapiwtig, gan roi sylw arbennig i'r modd y mae therapïau cell-seiliedig yn cael effaith
- biobrosesu a methodolegau chwyddo sy'n sail ar gyfer datblygu nodweddion celloedd a'u cynhyrchu.

Mae i rai o'r blaenoriaethau ymchwil hyn – megis llwybrau at ailraglennu, dealltwriaeth o brosesau clefydol, ansefydlogrwydd genynnol, datblygu bioddeunyddiau a mecanweithiau y gellid eu defnyddio'n therapiwtig – berthnasedd arbennig ym maes atffurfiant meinwe cardiaidd. Fodd bynnag, mae cyllido yn y maes penodol hwn braidd yn gyfyngedig o'i gymharu â meysydd eraill ymchwil bôn-gelloedd. Tua 2% o'r cyfanswm yw'r gwariant ar ymchwil cardiofasgwlaidd, tra mae'r gwariant ar ymchwil cyhyrol-ysgerbydol yn 16% o'r cyfanswm, a'r ymchwil niwrolegol yn 15% ac ymchwil ar haematoleg yn 10% – yn seiliedig ar ffigurau Tachwedd 2011; gweler *UK Strategy for Regenerative Medicine* (Ebrill 2012). Felly, os yw ymchwil yn y maes penodol hwn i ddatblygu tuag at raglenni clinigol effeithiol, bydd angen rhoi sylw i gwestiwn cyllido. Cyd-destun hyn, wrth gwrs, fydd cyfradd uchel o gleifion sydd mewn cyflwr iechyd difrifol o ganlyniad i drawiadau ar y galon, costau uchel triniaethau clefydau'r galon ar hyn o bryd, a'r potensial o liniaru'r costau hyn drwy ddatblygu a defnyddio therapïau atffurfiannol mwy effeithiol.

3.3.2 Nodwyd hefyd nifer o ffactorau risg posibl yn y maes ymchwil a thriniaeth hwn. Un perygl a ganfuwyd yw potensial *tiwmorigenig cludwyr ac ysgogiad firol a genetig. Medrai dileu mecanweithiau cludiant o'r fath, gan ddefnyddio nanodechnoleg, er enghraifft, osgoi'r peryglon hyn a chynnig mantais arwyddocaol. Risg sylweddol arall mewn unrhyw dechneg trawsblannu yw'r perygl o gael adweithiau imiwnolegol. Felly, byddai'n dra phwysig yn y cyd-destun clinigol fod ymchwil yn canolbwyntio ar fôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig a/neu fôn-gelloedd mesencymaidd awtologaidd, gan fod y risg imiwnolegol mewn perthynas ag ymblaniadau *alogenëig yn uwch. Y drydedd agwedd lle mae risg, yn arbennig mewn perthynas ag ymblaniadau alogenëig, yw fod deunydd genetig yn cael ei ymgorffori yng ngenom yr organeb sy'n derbyn yr ymblaniad, gan achosi effeithiau peryglus na ellir eu rhag-weld (yn ogystal â chwestiynau moesol dyrys). Felly, bydd angen i ymchwil geisio ffyrdd o ddefnyddio bôn-gelloedd alogenëig yn yr ymblaniadau cychwynnol yn y fath fodd fel ag i ysgogi atffurfiant meinwe cardiaidd drwy fywhau bôn-gelloedd yr organeb ei hun ond heb i'r ymblaniadau eu hunain gael eu hymgorffori yn y strwythur genetig.

3.4 Y potensial o ddatblygu triniaethau therapiwtig clinigol effeithiol yn y maes

Yn gyffredinol, fel y gwelwyd, mae datblygu a threialu triniaethau therapiwtig yn llawer mwy cymhleth yn y maes hwn nag yn achos triniaethau sy'n rhai ffarmacolegol yn unig. Mae'r *UK Strategy for Regenerative Medicine* (Ebrill 2011) yn dod i'r casgliad fod treialu triniaethau bôn-gelloedd, yng nghyd-destun meddygaeth atffurfiannol, yn cynnig heriau arbennig am y rheswm fod gan gelloedd – a hynny'n wahanol i gemegion a chyffuriau – y gallu i luosogi yn yr organeb ac felly i fynd yn rhan o wneuthuriad sylfaenol yr organeb ei hun. Y gallu hwn i luosogi sy'n gwneud y triniaethau hyn yn ddeniadol, ond mae elfen uchel o risg ynghlwm wrthynt. Mae sicrhau diogelwch

yr ymblaniad yn anodd, felly, ac ni ellir rhagweld beth fydd effeithiau tymor-hir y triniaethau hyn, yn enwedig pan mae cleifion yn dioddef nifer o glefydau difrifol.

Felly, er bod y potensial damcaniaethol o ddatblygu triniaethau clinigol yn uchel – ac mae gwyddonwyr sy'n gweithio yn y maes hwn yn dra optimistaidd ynghylch posibiliadau tymor-hir therapïau bôn-gelloedd (gweler Poss, 2006, er enghraifft) – gall cymhlethdod a'r gost, yn sgil hynny, o ddatblygu strategaethau therapiwtig effeithiol olygu y bydd cynnydd yn y maes hwn yn araf, yn sicr yn y tymor byr a'r tymor canolig.

4. Sylwadau wrth gloi

Yn yr erthygl hon, gwnaed adolwg o ystod eang o ymchwil ym maes atffurfiant meinwe cardiaidd gan ddefnyddio bôn-gelloedd. Mae wedi dangos fod arbrofion ar bysgod rhesog a llygod wedi arwain at ddealltwriaeth ddyfnach o'r mecanweithiau biolegol sydd ynghlwm wrth hyn a bod cryn optimistiaeth ynghylch datblygu rhaglenni o brofion a threialon mewn cyd-destunau clinigol. Gwnaed yn eglur fod gan fôn-gelloedd amlbotensial cymelledig, bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol a bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig a/neu fôn-gelloedd mesencymaidd (yn ddelfrydol o ffynonellau awtologaidd) y potensial i wneud cyfraniad arwyddocaol iawn i atffurfiant meinwe cardiaidd yn dilyn cnawdnychiad myocardiaidd neu drawiad ar y galon. Argymhellir bod angen strategaeth ymchwil a chynllun penodol i ddatblygu therapi bôn-gelloedd sy'n cynnig llwybr personol i'r claf unigol. Byddai'r cynllun hwnnw yn ymgorffori *regime* ffarmacolegol briodol i ysgogi atffurfiant a system gludiant sy'n cyfuno ysgogiad trydanol a strwythurau nanodechnolegol y gellid eu treialu'n glinigol. Bellach, mae dealltwriaeth dda o'r prosesau biolegol sydd ar waith ond, hyd yma, mae'r ymchwil clinigol wedi bod yn gymharol brin. O gofio cyfradd uchel y cleifion sydd mewn cyflwr iechyd difrifol yn dilyn cnawdnychiad myocardiaidd, byddai dadleuon clinigol a chyllidol grymus dros roi cryn flaenoriaeth i ymchwil a datblygiad clinigol yn y maes hwn. Hyd yma, fodd bynnag (haf 2013), mae'r rhan fwyaf o ymchwilwyr wedi canolbwyntio ar fioleg bôn-gelloedd a chafwyd prinder ymchwil tuag at ddatblygu treialon therapiwtig clinigol. Byddai gofynion cyllidol ymchwil a datblygiad yn y maes hwn yn sylweddol, wrth gwrs. Felly, dylai'r cyllido ganolbwyntio ar strategaethau ymchwil rhyngddisgyblaethol wedi eu hanelu at ddealltwriaeth o'r hyn sy'n ofynnol i drosi'r wybodaeth fiolegol sylweddol sydd ar gael yn fodelau therapiwtig clinigol effeithiol.

Llyfryddiaeth

Abujarour, R., a Ding, S. (2009), 'Induced pluripotent stem cells free of exogenous reprogramming factors', *Genome Biology,* 10:220. doi: 10.1186/gb-2009-10-5-220.

Burchfield, J. S., a Dimmeler, S. (2008), 'Role of paracrine factors in stem and progenitor cell mediated cardiac repair and tissue fibrosis', *Fibrogenesis & Tissue Repair,* 1:4. doi: 10.1186/1755-1536-1-4.

Buxton, D. B. (2009), 'Current status of nanotechnology approaches for cardiovascular disease: a personal perspective', *WIREs Nanomed Nanobiotechnology,* 1(2), 149–55. doi: 10.1002/wnan.8.

Chablais, F., Veit, J., Rainer, G., et al. (2011), 'The zebrafish heart regenerates after cryoinjury-induced myocardial infarction', *BMC Developmental Biology,* 11:21. doi: 10.1186/1471-213X-11-21.

Dalton, K. (2013), 'CADUCEUS: Autologous stem cells safely reverse some MI damage', yn *TCTMD*, ar http://www.tctmd.com/show.aspx?id=119971 (Cyrchwyd: 14 Chwefror 2014).

Dvir, T., Timko, B. P., Brigham, M. D., et al. (2011), 'Nanowired three-dimensional cardiac patches', *Nature Nanotechnology*, 6, 720–5. doi: 1038/nnano.2011.160.

Elnakish, M. T., Hassan, F., Dakhlallah, D., et al. (2012), 'Mesenchymal stem cells for cardiac regeneration: translation to bedside reality', *Stem Cells International,* 2012. doi:10.1155/2012/646038.

Florian M., Jankowski M., a Gutkowska J. (2010), 'Oxytocin increases glucose uptake in neonatal rat cardiomyocytes, *Endocrinology,* 151:2, 482–91. doi: 10.1210/en.2009-0624.

Fransioli, J., Bailey B., Gude N. A., et al. (2008), 'Evolution of the c-kit-positive cell response to pathological challenge in the myocardium', *Stem Cells,* 26:5, 1315–1324. doi: 10.1634/stemcells.2007-0751.

Herberts, C. A. (2001), 'Risk factors in the development of stem cell therapy', *Journal of Translational Medicine,* 9:1, 29–42. doi: 10.1186/1479-5876-9-29.

Holladay, C. A., O'Brien, T., a Pandit, A. (2009), 'Non-viral gene therapy for myocardial engineering', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 2, 232–48. doi: 10.1002/wnan.60.

Huang, G., Pashmforoush, M., Chung, B., et al. (2011), 'The role of cardiac electrophysiology in myocardial regenerative stem cell therapy', *Journal of Cardiovascular Translational Research*, 4:1, 61–5. doi: 10.1007/s12265-010-9239-x.

Kaufman, D. S., Hanson, E. T., Lewis, R. L., et al. (2001), 'Hematopoietic colony-forming cells derived from human embryonic stem cells', *Proceedings of the National Academy of Science USA 2001*; 98:19, 10716–21. doi: 10.1073/pnas.191362598.

Kim, D-H., Smith, R. R., Kim, P., et al. (2012), 'Nanopatterned cardiac cell patches promote stem cell niche formation and myocardial regeneration', *Journal of Integrative Biology*, 4:9, 1019–33. doi: 10.1039/c2ib20067h.

King, R. S., a Newmark, P. A. (2012), 'The cell biology of cell regeneration', *Journal of Cell Biology,* 196:5, 553–62. doi: 10.1083/jcb.201105099.

Koch, P., Siemen, H., Biegler, A., et al. (2006), 'Transduction of human embryonic stem cells by ecotropic retroviral vectors', *Nucleic Acids Research*, 34:18. doi: 10.1093/nar/gkl674.

Kuhl, S. J., a Kuhl, M. (2011), 'Improving cardiac regeneration after injury: are we a step closer?' *Bio Essays*, 33:9, 669–73. doi: 10.1002/bies.201100046.

Lepilina, A., Coon, A. N., Kikuchi, K., et al., (2006), 'A dynamic epicardial injury response supports progenitor cell activity during zebrafish (*D. rerio*) heart regeneration', *Cell*, 127:3, 607–19.

Leri, A., Kajstura, J., ac Anversa, P. (2005), 'Cardiac stem cells and mechanisms of myocardial regeneration', *Physiology Review*, 85:4, 1373–416. doi: 10.1152/physrev.00013.2005.

Li, T-S., Cheng, K., Malliaras, K., et al. (2012), 'Direct comparison of different stem cell types and subpopulations reveals superior paracrine potency and myocardial repair efficacy with cardiosphere-derived cells', *Journal of the American College of Cardiology*, 59:10, 942–53. doi: 10.1016/j.jacc.2011.11.029.

Malliaras, K., a Marban E. (2011), 'Cardiac cell therapy: where we've been, where we are, and where we should be headed', *British Medical Bulletin*, 1:98, 161–85. doi: 10.1093/bmb/ldr018.

Marban, E., Makkar, R. R., Smith R. R., et al. (2012), 'Intracoronary cardiosphere-derived cells for heart regeneration after myocardial infarction (CADUCEUS): a prospective, randomised phase 1 trial', *The Lancet*, 379, 9819, 895–904. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60195-0.

Mercola, M., Ruiz-Lozano, P. a Schneider, M. D. (2011), 'Cardiac muscle regeneration: lessons from development', *Genes Development*, 25, 299–309. doi: 10.1101/gad.2018411.

Ni, T. T., Rellinger, E. J., Mukerjee, A., et al. (2011), 'Discovering small molecules that promote cardiomyocyte generation by modulating Wnt signalling', *Chemistry and Biology*, 18, 1658–68. doi: 10.1016/j.chembiol.2011.09.015.

Porrello, E. R., Mahmoud, A. I., Simpson, E., et al. (2011), 'Transient regenerative potential of the neonatal mouse heart', *Science*, 331:6020, 1078–80. doi: 10.1126/science.1200708.

Poss, K. D. (2007), 'Getting to the heart of regeneration in zebrafish', *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 18, 36–45. doi:10.1016/j.semcdb.2006.11.009.

Power, C., a Rasko, J. E. J. (2011), 'Promises and challenges of stem cell research for regenerative medicine', *Annals of Internal Medicine*, 155:10, 706–13. doi: 10.7326/0003-4819-155-10-201111150-00010.

Rajala, K., Pekkanen-Mattila, M., a Katriina Aalto-Setälä, K., (2011), 'Cardiac differentiation of pluripotent stem cells', *Stem Cells International*, 2011. doi: 10.4061/2011/383709.

Shevde, N. (2012), 'Stem cells: flexible friends', *Nature*, 483, S23–6. doi: 10.1038/483S22a.

Soldner, S., Hockemeyer, D., Beard, C., et al. (2009), 'Parkinson's disease patient-derived induced pluripotent stem cells free of viral peprogramming factors', *Cell*, 5:136, 964–77. doi: 10.1016/j.cell.2009.02.013.

Stem Cell Information: The National Institutes of Health Resource for Stem Cell Research, ar http://stemcells.nih.gov/info/ethics.asp (Cyrchwyd: 25 Mehefin 2012)

Takahashi, K., Tanabe, K., Ohnuki M., et al. (2007), 'Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors', *Cell*, 131:5, 861–72. doi: 10.1016/j.cell.2007.11.019.

Thomson, J. A., Itskovitz-Eldor, J., Shapiro S. S., et al. (1998), 'Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts', *Science*, 282, 1145–7. doi: 10.1126/science.282.5391.1145.

UK Strategy for Regenerative Medicine (Ebrill 2012), Medical Research Council, ar http://www.mrc.ac.uk/Utilities/Documentrecord/index.htm?d=MRC008534 (Cyrchwyd: 14 Awst 2012)

Yamanaka, S., Okita, K., ac Ichisaka, T., (2007), 'Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells', *Nature*, 448, 313–17. doi: 10.1038/nature05934.

Zhang, K. H., Yu, Q. Z., a Mo, X. M. (2011), 'Fabrication and intermolecular interactions of silk fibroin/hydroxybutyl shitosan blended nanofibers', *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 2187–99. doi: 10.3390/ijms12042187.

Geirfa

adlynu (*adhere*): Mewn trawsblaniad, megis trawsblaniad bôn-gelloedd, y broses o gysylltu â'r meinwe y bwriedir i'r trawsblaniad ei atffurfio.

alginad (*alginate*): Polysacarid (h.y. cadwyn o amrywiol foleciwlau o siwgr) ac iddo briodweddau adlynol. Gellir ei ddefnyddio i gludo bôn-gelloedd o gwmpas organeb neu feinwe. Fe'i ceir mewn rhai algâu.

alogenëig (*allogeneic*): Disgrifiad o organeb neu feinwe sy'n cael ei drawsblannu sydd â chyfansoddiad genetig gwahanol i'r hyn sydd gan yr organeb sy'n derbyn y trawsblaniad

anisotropig (*anisotropic*): Disgrifiad o gyflwr lle mae rhai nodweddion ffisegol yn gyson mewn un cyfeiriad yn unig (e.e. mewn pren), mewn gwrthgyferbyniad â strwythur **isotropig**, lle mae nodweddion ffisegol yn gyson ym mhob cyfeiriad (e.e. mewn papur). Yn yr erthygl, mae'r termau isotropig ac anisotropig yn cyfeirio at arwyneb ar lefel nano (gweler **nanodechnoleg**).

apoptosis (*apoptosis*): Proses naturiol sy'n galluogi celloedd organeb i farw ac sy'n angenrheidiol i'w thwf a'i datblygiad. Mae'n ffordd o gael gwared o gelloedd sydd wedi'u niweidio. Mae'n fuddiol i'r organeb, yn wahanol i necrosis.

arhythmia (*arrhythmia*): Curiad calon anghyson neu afreolaidd.

atffurfiant (*regeneration*): Gallu organeb i dyfu meinweoedd newydd naill ai drwy brosesau mewnol neu o ganlyniad i drawsblaniadau megis trawsblaniad bôn-gelloedd.

atffurfiant mewndarddol (*endogenous regeneration*): Gallu organeb i dyfu meinweoedd newydd i gymryd lle rhai a ddinistrwyd, gan ddefnyddio prosesau mewnol yr organeb ei hun.

atffurfio (*regenerate*): Y broses o dyfu meinweoedd newydd (gweler uchod).

awtologaidd (*autologous*): Disgrifiad o ddeunydd genetig a geir o'r un organeb. Mae impiad awtologaidd yn digwydd pan mae'r un unigolyn yn rhoddwr ac yn dderbynnydd o'r feinwe.

biogydnawsedd (*biocompatibility*): Yng nghyd-destun trawsblaniadau, y graddau y bydd y trawsblaniad yn cael ei dderbyn neu ei oddef gan y meinwe cynhenid; po fwyaf cydnaws y mae, mwyaf i gyd yw'r tebygrwydd y bydd y trawsblaniad yn effeithiol.

bôn-gelloedd (*stem cells*): Unrhyw gelloedd cyntefig sy'n bresennol mewn embryonau, babanod ac oedolion ac sydd â'r gallu i ddatblygu'n gelloedd arbenigol yn eu horganau.

bôn-gelloedd amlbotensial (*pluripotent stem cells, PSCs*): Bôn-gelloedd sydd â'r potensial i ddatblygu'n un o nifer o fathau gwahanol o gelloedd arbenigol mewn gwahanol organau. Ni all, fodd bynnag, ddatblygu i bob math o gell a grëir gan sygot.

bôn-gelloedd amlbotensial cymelledig (*induced pluripotent stem cells, iPSCs*): Bôn-gelloedd sydd wedi'u hailraglennu i fod yn amlbotensial (gweler uchod). Nid ydynt yn bodoli'n naturiol mewn organebau.

bôn-gelloedd cardiaidd mewndarddol (*endogenous cardiac stem cells, eCSCs*): Bôn-gelloedd sy'n tarddu o feinwe cardiaidd mamolion ac sy'n benodol i'r galon. Gallant ddatblygu'n gelloedd cardiaidd arbenigol.

bôn-gelloedd cardiosffer-ddeilliedig (*cardiosphere-derived stem cell, CDSCs*): Bôn-gelloedd sy'n bodoli yn naturiol ym meinweoedd y galon ond, yn gyffredinol, mewn niferoedd prin.

bôn-gelloedd embryonig (*embryonic stem cells, ES cells*): Bôn-gelloedd amlbotensial (gweler uchod) sy'n bodoli dim ond yn yr embryo.

bôn-gelloedd mesencymaidd (*mesenchymal stem cells, MSCs*): Bôn-gelloedd amlbotensial (gweler uchod) sy'n tarddu'n bennaf ym mêr esgyrn ac sy'n medru lluosogi eu hunain, yn ogystal ag epilio i fod yn un o ystod o gelloedd a all ffurfio meinweoedd, megis meinwe cardiaidd.

calon drychedig (*amputated heart*): Calon sydd wedi ei chlwyfo'n fwriadol mewn anifail sy'n cael ei ddefnyddio mewn arbrawf, er enghraifft, pysgodyn rhesog neu lygoden.

celloedd epiliol gardiaidd (*cardiac progenitor cells*): Celloedd cardiaidd sy'n medru atffurfio pan fydd meinwe'r galon wedi ei niweidio. Nid yw celloedd o'r fath, fodd bynnag, fel arfer yn bresennol yn y galon mewn niferoedd digonol i atffurfio cyhyr sydd wedi ei niweidio i gyflwr lle y gall weithredu'n effeithiol yn dilyn trawiad.

cnawdnychiad myocardiaidd (*myocardial infarction*): Y niwed parhaol a wneir i gyhyrau cellfuriau'r galon o ganlyniad i farwolaeth celloedd yn dilyn atal y cyflenwad gwaed i'r galon. Enw annhechnegol y cyflwr hwn yw trawiad ar y galon.

cromatin (*chromatin*): Y cyfuniad o DNA, RNA a moleciwlau protein sy'n ffurfio cnewyllyn cell.

cydamseredd (*synchronicity*): Y graddau y mae agweddau gwahanol ar weithrediad meinwe yn cydweddu'n amserol. Yn yr enghraifft yn y testun, po fwyaf y cydamseredd yng ngweithrediad elfennau amrywiol y galon, mwyaf i gyd yw effeithiolrwydd meinwe'r galon yn pwmpio gwaed.

cyfangoldeb (*contractility*): Gallu rhai celloedd, megis cellfuriau'r galon, i gyfangu a llaesu.

cyhyr calon (*cardiac muscle*): Y feinwe hunan-gyfangol y mae waliau'r galon wedi'u gwneud ohoni ac a reolir gan y system nerfol awtonomig. Mae'n gyfrifol am bwmpio gwaed allan o fentriglau'r galon.

cylchred celloedd (*cell cycle*): Y broses y tu mewn i organebau sy'n cynhyrchu celloedd, yn eu haddasu, yn eu cludo ac yn eu dinistrio, yn unol â gofynion arbennig yr organeb.

cytocin (*cytokine*): Un o amryw o foleciwlau bychain sy'n cael eu rhyddhau gan gelloedd er mwyn rheoli gweithrediad celloedd eraill perthynol.

dadwahaniaethu (*dedifferentiation*): Proses o wyrdroi gwahaniaethiad celloedd (*gweler isod*) sydd wedi eu clustnodi i fod yn gelloedd arbenigol mewn organeb.

dargludedd (*conductivity*): Gallu unrhyw ddeunydd (megis hylif neu feinwe) i ganiatáu i gerrynt trydanol fynd drwyddo. Mae deunyddiau'n amrywio'n sylweddol yn eu gallu dargludol.

darn sidan ffibroin-seiliedig (*fibroin-based silk patch*): Tamaid microsgopig artiffisial o sidan sydd wedi ei lunio o'r protein ffibroin (a geir mewn sidan naturiol), ac y gellir ei ddefnyddio fel dull o gludo bôn-gelloedd i leoliad y clwyf sydd i'w drin.

ectoderm (*ectoderm*): Y mwyaf allanol o'r haenau o gelloedd yn yr embryo cynnar; mae'n datblygu yn gelloedd y croen a'r gwallt a'r system nerfol, er enghriafft. Mae'n un o dair haen o feinwe embryonig – y lleill yw'r endoderm a'r mesoderm.

electroffisiolegol (*electrophysiological*): Yn ymwneud â'r prosesau yng nghelloedd organebau sy'n dibynnu ar gyfnewid a ffrydio cerrynt trydanol gwan iawn rhwng cemegion oddi mewn i gelloedd a rhyngddynt.

endoderm (*endoderm*): Y mwyaf mewnol o'r haenau o gelloedd yn yr embryo cynnar. Mae'n datblygu'n gelloedd prif organau'r organeb, megis yr ymysgaroedd, y galon a'r ysgyfaint.

epicardiaidd (*epicardial*): Yn ymwneud â haen allanol mur y galon.

fector firol (*viral vector*): Dull o gludo bôn-gelloedd neu ddeunydd genynnol arall i'r lleoliad lle y mae eu hangen, gan ddefnyddio firysau fel cludwyr.

fector plasmidol (*plasmid vector*): Dull o gludo bôn-gelloedd i'r lleoliad lle y mae eu hangen, gan ddefnyddio plasmidau, sef moleciwlau crwn o DNA allgromosomaidd, sy'n wahanol i'r strwythur helics dwbwl arferol.

ffactorau trawsgrifio (*transcription factors*): Genynnau sy'n galluogi ffurfio proteinau penodol mewn celloedd drwy drosglwyddo gwybodaeth o DNA i mewn i RNA. Dangoswyd eu bod yn medru chwarae rhan allweddol wrth gryfhau gallu atffurfiannol bôn-gelloedd.

ffactorau twf paracrinaidd (*paracrine growth factors*): Proteinau sy'n bodoli'n naturiol mewn organebau embrynig ac aeddfed ac sy'n rheoli amlhad a datblygiad celloedd cyfagos. Maent yn chwarae rhan bwysig ym mhrosesau atffurfio meinweoedd.

ffarmacolegol (*pharmacological*): Yn ymwneud â'r astudiaeth o sut mae cyffuriau yn effeithio ar organebau, o'u priodweddau, ac o sut y gellir eu defnyddio i drin afiechydon, clwyfau neu niwed i organebau (sef ffarmacoleg).

ffenoteip cardiaidd cymelledig (*induced cardiac phenotype*): Dilyniant genynnol sy'n achosi newidiadau i ffenoteip y galon, gan reoli datblygiad neu atffurfiant meinwe cardiaidd.

ffibroblast (*fibroblast*): Cell meinwe gyswllt sy'n rhyddhau cymysgedd allgellog sy'n llawn colagen a moleciwlau tebyg; mae'r celloedd hyn yn un o brif ddeunyddiau esgyrn, croen, gewynnau ac ewinedd.

genom (*genome*): Strwythur cymhleth y deunydd genynnol sy'n rheoli holl nodweddion organeb penodol. Yn ystod y blynyddoedd diwethaf, mae ymchwil genetig wedi ynysu a disgrifio'r genom parthed nifer o organebau, gan gynnwys yr hil ddynol.

gwahaniaethu (*differentiate*): Y broses o ddatblygu'n gell fwy arbenigol gyda swyddogaeth benodol.

gweithrediad fentriglaidd (*ventricular action*): Cyfangu a llaesu muriau fentriglau'r galon, sy'n galluogi i'r gwaed gael ei bwmpio drwy'r gwythiennau.

haematolegol (*haematological*): Yn ymwneud â'r astudiaeth o waed a phrosesau, clefydau a thriniaethau sy'n berthnasol iddo.

hydrogel (*hydrogel*): Sylwedd wedi'i wneud o rwydwaith o gadwynau polymer sy'n medru symud drwy hylifau organebau ac y gellir ei ddefnyddio, o ganlyniad, i gludo bôn-gelloedd i leoliad clwyf mewn meinwe.

impwreiddio (*engraftment*): Y broses naturiol lle mae celloedd, megis bôn-gelloedd, sydd wedi'u trawsblannu i leoliad arbennig, er enghraifft i feinwe cardiaidd sydd wedi ei niweidio yn dilyn trawiad, yn gwreiddio yn y meinwe, yn tyfu ac yn atffurfio, gan arwain at atffurfio'r meinwe hwnnw.

mesoderm (*mesoderm*): Yr haen ganol o gelloedd yn yr embryo cynnar. Fe'i ffurfir yn y gastrwla rhwng yr ectoderm a'r endoderm. Mae'n datblygu'n feinweoedd fasgwlar yn ogystal ag yn feinweoedd cyhyrau.

myoblast *(myoblast)*: Bôn-gell sy'n medru datblygu'n gelloedd y cyhyrau.

myoblast ysgerbydol (*skeletal myoblast*): Myoblast sy'n tarddu ym mêr yr esgyrn.

nanodechnoleg (*nanotechnology*): Technoleg sy'n gweithredu ar raddfa ficrosgopig o fychan (h.y. ar raddfa nanometrau, sef biliynfed ran o gentimetr, 10^{-9} cm.

neofasgwlareiddio (*neovascularization*): Y broses o ffurfio pibellau gwaed newydd mewn embryo neu ffoetws neu mewn organau sydd wedi eu niweidio mewn rhyw ffordd.

peptid (*peptide*): Cadwyn fer o foleciwlau asid amino wedi'u clymu gan fondiau amid. Gwahaniaethir rhwng peptidau a phroteinau ar sail hyd y cadwynau. Gan amlaf mae proteinau wedi'u gwneud o gadwynau llawer hirach o beptidau (a elwir yn gadwynau polypeptid), ac felly maent yn foleciwlau mwy o faint.

telomer (*telomere*): Moleciwl sydd wedi ei leoli ar derfyn cromosom ac sy'n ei atal rhag dyblygu ymhellach. Gall hyn fod yn llesol mewn rhai amgylchiadau ac yn niweidiol mewn amgylchiadau eraill.

teratoma (*teratoma*): Tyfiant â meinwe o'r tair haen ymrannu, sef yr ectoderm, y mesoderm a'r endoderm.

tiwmorigenig (*tumorigenic*): Disgrifiad o rhywbeth sydd yn gallu peri i diwmor (h.y. tyfiant annormal o gelloedd, sy'n creu màs) ddatblygu, boed hynny'n diwmor anfalaen neu falaen.

trawsddygiad (*transduction*): Y broses o ddefnyddio fectorau firol (neu fector arall) i gludo deunydd genynnol, megis bôn-gelloedd, i'r lleoliad a ddymunir.

treial clinigol (*clinical trial*): Gwaith ymchwil lle profir cyffur neu driniaeth ar fodau dynol er mwyn darganfod gwybodaeth neilltuol amdano/amdani.

treial hapsamplu rheolyddedig (*randomized controlled trial*): Treial clinigol lle rhoddir cyffur neu driniaeth i glwstwr o bobl, a phlasebo i'r gweddill. Ni ddewisir y bobl sy'n cael triniaeth am unrhyw reswm arbennig, ac felly'r elfen o samplu 'ar hap'. Gelwir y grŵp nad yw'n cael triniaeth yn grŵp rheolydd. Ni chaiff y cyfranwyr wybod tan ddiwedd y treial p'un ai maent wedi derbyn triniaeth ai peidio. Drwy hyn mae modd lleihau'n sylweddol effeithiau ffactorau eraill ar ganlyniadau ymhlith y rhai sy'n cymryd rhan.

ysgogiad trydanol (*electrical stimulus*): Yn y cyd-destun presennol, y weithred o ddanfon cerrynt trydanol drwy drawsblaniad o fôn-gelloedd i'w hysgogi i weithredu'n fwy effeithiol. Gall hyn gryfhau agweddau ar weithrediad electroffisiolegol y celloedd.

Cyfranwyr

Sioned Haf

Mae Sioned yn ddeiliad ysgoloriaeth ymchwil gan y Coleg Cymraeg Cenedlaethol ym Mhrifysgol Bangor. Mae ei doethuriaeth yn cael ei chefnogi ar y cyd gan Ysgol yr Amgylchedd, Gwyddorau Naturiol a Daearyddiaeth a'r Ysgol Fusnes. Graddiodd mewn Ffilm a Hanes o Brifysgol Sheffield Hallam yn 2004, cyn treulio pum mlynedd yn gweithio mewn siopau llyfrau ledled Cymru, mewn amgueddfa yn Seville, fel swyddog lobïo i Gymdeithas yr Iaith Gymraeg, ac fel swyddog datblygu cynaliadwy ym Mwlgaria. Sbardunwyd ei diddordeb mewn ynni cymunedol, datblygu cynaliadwy a mentrau cydweithredol wrth astudio am radd MA mewn Rheolaeth Amgylcheddol Gynaliadwy ym Mhrifysgol Bangor yn 2010.

Dr Tudur Davies

Mae Dr Tudur Davies yn ddarlithydd Mathemateg gyda'r Coleg Cymraeg Cenedlaethol yn Athrofa Mathemateg, Ffiseg a Chyfrifiadureg Prifysgol Aberystwyth. Graddiodd mewn Mathemateg ym Mhrifysgol Aberystwyth 'nôl yn 2005 ac aeth ymlaen i astudio am radd meistr mewn Modelu Hylifau Cymhleth, cyn cwblhau doethuriaeth ar fodelu ewyn hylifol. Bu'n gweithio am ddwy flynedd fel Cynorthwyydd Ymchwil ar brosiect RIVIC (Sefydliad Cyfrifiadura Gweledol Cymru) ar fodelu a delweddu deunyddiau cymhleth, prosiect ar y cyd rhwng yr Adran Gyfrifiadureg a'r Sefydliad Mathemateg a Ffiseg ym Mhrifysgol Aberystwyth.

Lowri Edwards, Dr Anna Bryant a Dr Anwen Mair Jones

Un o ddeiliaid ysgoloriaethau ymchwil y Coleg Cymraeg Cenedlaethol yw Lowri Edwards, sydd bellach yn ail flwyddyn ei doethuriaeth ym Mhrifysgol Metropolitan Caerdydd. Mae ei doethuriaeth yn ymchwilio i effeithiolrwydd ymyriad llythrennedd corfforol gydag athrawon o fewn ysgolion cynradd.

Mae Dr Anna Bryant yn ddarlithydd mewn Chwaraeon ac Addysg Gorfforol ym Mhrifysgol Metropolitan Caerdydd. Mae gan Anna gefndir o addysgu Addysg Gorfforol ac enillodd ei ddoethuriaeth am draethawd ar y fenter `5×60' a gyllidwyd gan Chwaraeon Cymru.

Darlithydd mewn Ffisioleg a Chwaraeon ar gynllun staffio academaidd y Coleg yw Dr Anwen Mair Jones. Yn 2012 cwblhaodd Anwen radd doethur ym Mhrifysgol Metropolitan Caerdydd dan nawdd y Coleg am waith ymchwil ar iechyd plant a phobl ifanc.

Y Parchedig Ddr Noel Davies

Cyn ymddeol o fod yn weinidog gyda'r Annibynwyr, bu'r Dr Noel Davies yn darlithio mewn diwinyddiaeth ym Mhrifysgol Caerdydd a Choleg y Drindod, Caerfyrddin. Graddiodd mewn gwyddoniaeth ym Mangor yn y 1960au ac ar ôl ymddeol ailafaelodd mewn astudiaethau gwyddonol, gan raddio eto yn 2013. Cyflwynwyd fersiwn gwreiddiol yr erthygl hon fel adroddiad ymchwil israddedig i'r Brifysgol Agored. Ar hyn o bryd mae Dr Davies yn gwneud ymchwil pellach ar bwnc yr erthygl hon ar gyfer gradd Meistr yng Ngholeg Meddygaeth Prifysgol Abertawe. Mae'n aelod o Fwrdd Golygyddol *Gwerddon* ac yn paratoi cyfrol ar Gristnogaeth a gwyddoniaeth ar y cyd â Dr Hefin Jones (Prifysgol Caerdydd).

Gwerddon

CYFNODOLYN ACADEMAIDD CYMRAEG

ISSN 1741-4261

