

Briff Ymchwil: Gwres Carbon Isel



Cynulliad Cenedlaethol Cymru yw'r corff sy'n cael ei ethol yn ddemocrataidd i gynrychioli buddiannau Cymru a'i phobl, i ddeddfu ar gyfer Cymru, i gytuno ar drethi yng Nghymru, ac i ddwyn Llywodraeth Cymru i gyfrif.

Gallwch weld copi electronig o'r ddogfen hon ar wefan y Cynulliad Cenedlaethol:
www.cynulliad.cymru/ymchwil

Gellir cael rhagor o gopiâu o'r ddogfen hon mewn ffurfiau hygyrch, yn cynnwys Braille, print bras, fersiwn sain a chopïau caled gan:

Senedd Ymchwil
Cynulliad Cenedlaethol Cymru
Tŷ Hywel
Bae Caerdydd
CF99 1NA

Ffôn: **0300 200 6316**
E-bost: **Chloe.Corbyn@assembly.wales**
Twitter: **[@SeneddResearch](https://twitter.com/SeneddResearch)**
Blog: **SeneddResearch.blog**

© **Hawlfraint Comisiwn Cynulliad Cenedlaethol Cymru 2018**

Ceir atgynhyrchu testun y ddogfen hon am ddim mewn unrhyw fformat neu gyfrwng cyn belled ag y caiff ei atgynhyrchu'n gywir ac na chaiff ei ddefnyddio mewn cyd-destun camarweiniol na difriol. Rhaid cydnabod mai Comisiwn Cynulliad Cenedlaethol Cymru sy'n berchen ar hawlfraint y deunydd a rhaid nodi teitl y ddogfen.

Briff Ymchwil

Gwres Carbon Isel

Awdur: Robert Abernethy, Jeni Spragg a Sean Evans

Dyddiad: Mehefin 2018

Rhif yr ymholiad: 18-042

Y papur briffio hwn yw'r trydydd mewn cyfres ar ynni carbon isel yng Nghymru. Mae'r rhan hon yn canolbwyntio ar ffynonellau gwres carbon isel, gan gynnwys eu rôl o ran datgarboneiddio, ac mae'n rhoi trosolwg o dechnolegau perthnasol.

Mae'r Gwasanaeth Ymchwil yn cydnabod y gymrodoriaeth seneddol a roddwyd i Robert Abernethy a Jeni Spragg gan Gyngor Ymchwil Peirianeg a'r Gwyddorau Ffisegol, a alluogodd i'r erthygl hon gael ei chwblhau.



Cynnwys

1. Cyflwyniad	1
2. Gwres carbon isel yng Nghymru.....	1
Argymhellion Pwyllgor y DU ar Newid yn yr Hinsawdd.....	2
3. Effeithlonrwydd ynni a chynlluniau ariannu.....	4
Gwella effeithlonrwydd ynni	5
Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy.....	6
4. Ffynonellau gwres carbon isel.....	7
Gwresogi ardaloedd	7
Pympiau gwres	10
Pympiau gwres domestig.....	10
Pympiau gwres ffynhonnell dŵr	12
Pympiau gwres mewn gwledydd eraill	12
Dŵr poeth solar	12
Biodanwyddau.....	13
Biomass	14
Bio-nwy.....	15
5. Mesurau hirdymor	16
Hydrogen.....	16
Cynhyrchu.....	16
Trosi i hydrogen.....	17

1. Cyflwyniad

Mae'r papur briffio hwn gan y Gwasanaeth Ymchwil yn rhan o gyfres ar ynni carbon isel yng Nghymru. Mae'r papur hwn yn canolbwyntio ar ffynonellau gwres carbon isel, gan gynnwys eu rôl o ran datgarboneiddio a throsolwg o dechnolegau perthnasol. I gael rhagor o wybodaeth am ynni carbon isel, dylid edrych ar y rhannau eraill o'r gyfres:

- Mae'r papur **Ynni Carbon Isel yng Nghymru** yn trafod y cyd-destun cenedlaethol a byd-eang o ran ynni carbon isel mewn perthynas â'r trilema ynni, ac yn amlinellu'r tirlun polisi yn Ewrop, y DU ac yng Nghymru;
- Disgrifia'r papur **Trydan Carbon Isel** y prif ffynonellau trydan carbon isel; a
- Chanolbwyntia'r papur Trafnidiaeth Carbon Isel ar y prif opsiynau ar gyfer lleihau allyriadau carbon o drafnidiaeth.

O ran ei ystyr, cyfeiria 'carbon isel' at elfen sy'n gostwng lefel allyriadau nwyon tŷ gwydr. Mesurir lefel y carbon fel arfer o ran y cyfwerth carbon deuocsid (CO₂e) a chyfeirir atynt hefyd fel "allyriadau carbon".

2. Gwres carbon isel yng Nghymru

Mae gallu cynhyrchu gwres carbon isel yn ffactor allweddol i'w ystyried o ran cyrraedd targedau newid hinsawdd ac ynni adnewyddadwy (mae rhagor o wybodaeth am y rhain i'w gweld ym **mhapur briffio'r Gwasanaeth Ymchwil ar Ynni Carbon Isel yng Nghymru**). Mae gwresogi a dŵr poeth ar gyfer adeiladau yn cyfrif am **40 y cant o ddefnydd ynni'r DU ac 20 y cant o'i allyriadau**.

Mae **Deddf yr Amgylchedd (Cymru) 2016** yn ei gwneud yn ofynnol i Lywodraeth Cymru osod targedau lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr ar gyfer 2020, ar gyfer 2030 ac ar gyfer 2040, ynghyd â phennu cyllidebau carbon ar gyfer 2016-20 a 2021-2025, erbyn diwedd 2018. Bydd y rhain yn gosod y llwybr ar gyfer sicrhau lleihad o 80 y cant mewn allyriadau nwyon tŷ gwydr yng Nghymru erbyn 2050 (o'i gymharu â lefelau 1990).

Mae hon yn her benodol yng Nghymru gan fod cyfran fawr o'n hallyriadau carbon yn dod o ffynonellau canolfannau mawr (a elwir yn 'allyrwy'r mawr') fel purfeydd, gweithfeydd dur a gorsafoedd pŵer. Cwmpesir oddeutu **55 y cant o allyriadau yng Nghymru** o dan Gynllun Masnachu Allyriadau'r UE (ETS yr UE) (o'i gymharu â 40 y cant ledled y DU). Er bod angen cymryd camau i leihau'r allyriadau o'r ffynonellau

mawr, mae hyn yn heriol iawn mewn rhai achosion, ac nid oes gan Gymru lawer o bwerau datganoledig yn y meysydd hyn. Bydd angen gwneud arbedion mwy mewn sectorau eraill yng Nghymru o'u cymharu â'r DU gyfan, er mwyn gwrthbwysu allyriadau'r 'allyrwyr mawr'.

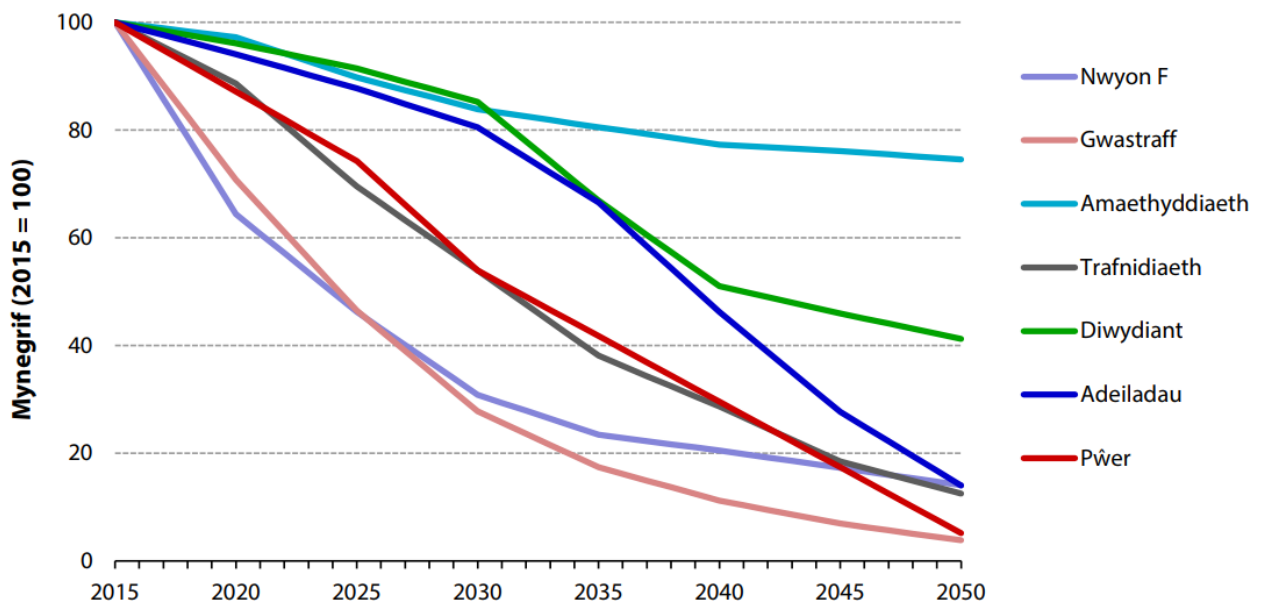
Argymhellion Pwyllgor y DU ar Newid yn yr Hinsawdd

Gofynnodd Llywodraeth Cymru i Bwyllgor y DU ar Newid yn yr Hinsawdd (CCC y DU) am gyngor ar ddylunio targedau carbon a phennu cyllidebau carbon. Cyhoeddodd CCC y DU y cyngor hwn mewn dau gam. Cyhoeddwyd y cyntaf, sef **Cyngor ar ddylunio targedau carbon Cymru**, ym mis Ebrill 2017. Cyhoeddwyd yr ail, ar **Adeiladu economi carbon isel yng Nghymru**, ym mis Rhagfyr 2017, ac mae'n rhoi cyngor ar sut y dylid pennu cyllidebau carbon, yn ogystal â sut y gellir cyflawni'r targedau.

Mae argymhellion polisi Pwyllgor CCC y DU ar gyfer Llywodraeth Cymru yn cynnwys:

- Dylid diweddarau safonau adeiladu i sicrhau y cyflawnir effeithlonrwydd ynni o safon uchel mewn adeiladau newydd ac y cânt eu cynllunio ar gyfer systemau gwresogi carbon isel.
- Dylid darparu cyllid a chymorth 'meddal' ar gyfer datblygu systemau gwresogi effeithlon o ran ynni ac isel o ran cynhyrchu carbon;
- Dylid datblygu strategaeth ddatgarboneiddio gwres ar gyfer Cymru; ac
- Dylid annog pobl i ddefnyddio gwres gwastraff o faes diwydiant.

Dengys ail adroddiad Pwyllgor CCC y DU, er mwyn cyrraedd targed Llywodraeth Cymru, sef lleihad o 80 y cant mewn allyriadau carbon erbyn 2050, y bydd angen lleihau allyriadau o adeiladau thua 85 y cant o'i gymharu â lefelau 2015 (Ffigur 1).



Ffigur 1 Gostyngiadau allyriadau fesul sector i sicrhau gostyngiad o 80 y cant o'i gymharu â lefelau 1990 (*Ffynhonnell: CCC y DU*)

Yn ystod y Pedwerydd Cynulliad, cynhaliodd y Pwyllgor Amgylchedd a Chynaliadwyedd **ymchwiliad i ddyfodol Ynni Craffach i Gymru**. Roedd argymhellion yr ymchwiliad yn cynnwys cyflwyno safonau adeiladu ar gyfer cyflawni "bron ddim" allyriadau carbon, ac estyn cynlluniau ôl-ffitio presennol Llywodraeth Cymru (sef **Arbed** a **Nest**).

Yn gyffredinol, mae'r argymhellion hyn yn gydnaws â'r argymhellion a ddarperir gan Bwyllgor CCC y DU ar gyfer y Deyrnas Unedig yn **Next Steps for UK heat policy**. Mae'r rhain yn pwysleisio polisiau "gelyn isel" yn y dyfodol agos, gan gynnwys:

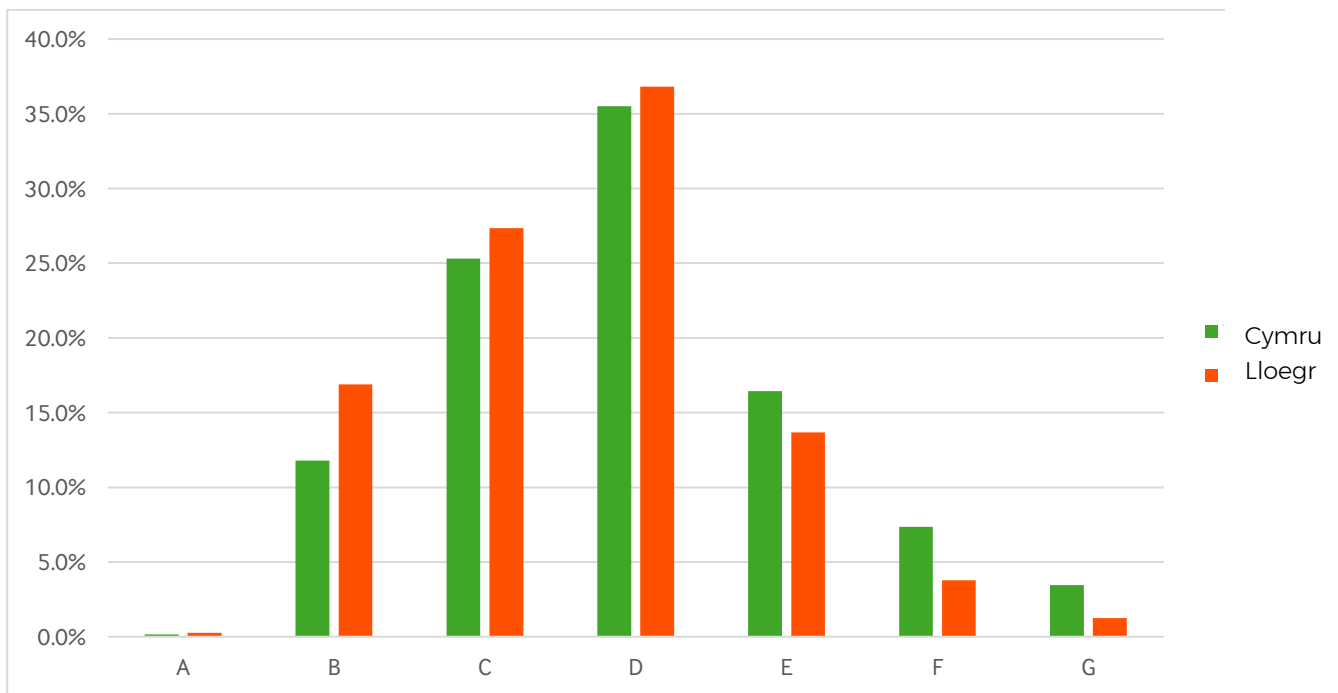
- Sicrhau bod adeiladau newydd yn effeithlon o ran ynni, ac wedi'u cynllunio i gynnwys systemau gwresogi carbon isel;
- Hyrwyddo gwelliannau effeithlonrwydd ynni ar gyfer adeiladau presennol;
- Datblygu rhwydweithiau gwres carbon isel;
- Gosod pypiau gwres mewn adeiladau nad ydynt wedi'u cysylltu â'r grid; a
- Chwistrellu 5 y cant o fïometan i'r grid nwy.

Mae adroddiad CCC y DU yn cynnwys y **Cynllun Arbed** yng Nghymru fel enghraifft o ble y ceir manteision ehangach o raglen ôl-ffitio mewn ardal. Argymhellwyd safonau adeiladu bron ddim allyriadau carbon, ac ymestyn rhaglenni ôl-ffitio fel blaenoriaethau ym mhob astudiaeth ar sut i leihau allyriadau carbon yng Nghymru.

Gan edrych ymhellach at y dyfodol, mae adroddiad CCC y DU yn tynnu sylw at yr angen i Lywodraeth y DU wneud penderfyniad, rhwng 2020 a 2025, i flaenoriaethu naill ai bympiau gwres neu rwydwaith nwy hydrogen ar gyfer cartrefi sydd ar y rwydwaith nwy ar hyn o bryd. Gallai'r naill ddewis neu'r llall gael ei ddefnyddio ochr yn ochr â rwydweithiau gwres ardal a phympiau gwres ar gyfer cartrefi nad ydynt yn rhan o'r grid.

3. Effeithlonrwydd ynni a chynlluniau ariannu

Mae **allyriadau preswyl y pen**, yng Nghymru ychydig yn uwch, sef yn 1.8 t CO₂e y pen y flwyddyn, na chyfartaledd y DU sef 1.7 t CO₂e y pen y flwyddyn. Mae hinsawdd leol yn effeithio ar hyn, ond hefyd mae rhagor o adeiladau aneffeithlon yng Nghymru na Lloegr ar gyfartaledd, fel y noda **Tystysgrifau Perfformiad Ynni (EPCs)** (Ffigur 2).



Ffigur 2 **EPCs a gyflwynwyd yn 2017 yng Nghymru a Lloegr yn ôl Graddfa Effeithlonrwydd Ynni** (Yn cynnwys tai sy'n cael eu gwerthu neu'u gosod yn 2017 yn unig)

Mae'r aneffeithlonrwydd ynni hwn, ynghyd ag incwm aelwydydd sy'n is na'r cyfartaledd, yn cyfrannu at dlodi tanwydd. Mae Llywodraeth Cymru wedi ymrwmo i **ddileu tlodi tanwydd**, cyn belled ag y bo'n rhesymol ymarferol erbyn 2018 ond ar hyn o bryd mae **23 y cant o gartrefi** yng Nghymru yn gartrefi tlodi tanwydd. Mae'r **lefel tlodi tanwydd o 11 y cant yn Lloegr**, yn llawer is, er bod dull gwahanol o fesur yma.

Dau ffactor sy'n cyfrannu yn hyn o beth yw bod gan Gymru gyfran uwch o gartrefi waliau solet, sef **29 y cant o'i gymharu â 27 y cant ar gyfer y DU** ac eiddo nad yw'n rhan o'r grid nwy (21 y cant o'i gymharu â 15 y cant ar gyfer y DU). Mae'r ffactorau hyn yn cyfateb, i raddau helaeth iawn, i'r ffactorau **tlodi tanwydd yn Lloegr** (nid oes dadansoddiad ar gael ar gyfer Cymru).

Gwella effeithlonrwydd ynni

Yn ei gyngor i Lywodraeth Cymru, mae Pwyllgor CCC y **DU yn nodi gwelliannau effeithlonrwydd ynni**, fel inswleiddio waliau solet, fel rhywbeth sy'n darparu'r potensial i sicrhau 8 y cant o'r gostyngiad sydd ei angen i gyrraedd targed 2050 o ran allyriadau carbon. Gallai'r gwelliannau hyn, o'u gosod yn gywir, wella cysur, tynnu lleithder a lleihau tlodi tanwydd. Mae argymhellion Pwyllgor CCC y DU yn cynnwys arolwg llawn o gyflwr tai (a gynhaliwyd ddiwethaf yn 2007), a safonau adeiladu carbon isel newydd er mwyn osgoi gwaith ôl-ffitio costus yn y dyfodol.

Er y gallai safonau adeiladu newydd helpu'n sylweddol o ran lleihau allyriadau, nodir y bydd 70 y cant o'r stoc dai a fydd **yn bodoli yng Nghymru yn 2050 yn dai a adeiladwyd cyn 2000**. Er mwyn gwella effeithlonrwydd ynni'r cartrefi hyn, mae Llywodraeth Cymru wedi buddsoddi £240 miliwn yn y **Rhaglen Cartrefi Clyd** ers 2012, ac mae'n buddsoddi £104 miliwn ychwanegol yn y pedair blynedd rhwng 2017 a 2021.

Mae'r Rhaglen Cartrefi Clyd wedi cynnwys cynlluniau gwahanol drwy gydol ei bodolaeth:

- Ariannodd y cynllun **Arbed Cam Un** fesurau ar gyfer 7,500 o gartrefi rhwng 2009 a 2012. Roedd y mesurau hyn yn cynnwys ffynonellau gwres adnewyddadwy fel pypiau gwres awyr a dŵr poeth solar, ochr yn ochr â gwelliannau effeithlonrwydd ynni;
- Roedd y cynllun **Arbed Cam Dau** ar waith rhwng 2012 a 2015. Roedd yn darparu mesurau effeithlonrwydd ar gyfer 6,500 o gartrefi, a chafodd cyfran sylweddol ohonynt inswleiddio eu waliau allanol; a
- Chyflwynwyd **Nest** yn 2011. Mae'n darparu cyngor i helpu i leihau biliau ynni, ac asesiadau o gartrefi gyda gwelliannau effeithlonrwydd i breswylwyr sy'n cael budd-daliadau prawf modd.

Cafodd pob un o'r cynlluniau (**Arbed, Nest**) arfarniadau cadarnhaol, ac mae'r rhan fwyaf o'r rhai a gafodd wneud gwelliannau i'w cartrefi yn nodi lefelau o foddhad mawr â hwy.

Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy

Mae'r Cynllun Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy (RHI) yn gynllun gan Lywodraeth y DU sy'n darparu cyllid ar gyfer gosod cynlluniau gwres adnewyddadwy ar gyfer cwsmeriaid **domestig** a chwsmeriaid **masnachol**. Dechreuodd y cynllun yn 2011, ac mae'n cynnwys cyllid ar gyfer pypmiau gwres a chyflenwadau ar gyfer dŵr poeth solar a gwres biomas.

O dan y cynllun Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy annomestig **mae 1,768 o gynlluniau wedi'u gosod yng Nghymru**, gyda chyfanswm capasiti o 350 MW, sef 9 y cant o'r cyfanswm capasiti sydd wedi'u gosod o dan y cynllun annomestig ym Mhrydain Fawr. Bu dros 4,000 o osodiadau domestig yng Nghymru, sef 7 y cant o'r cyfanswm Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy domestig.

Ym mis Chwefror 2018, asesodd y Swyddfa Archwilio Genedlaethol werth am arian y Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy (RHI). Wrth drafod llwyddiant y cynllun a gyflwynwyd gan yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (BEIS), daeth i'r **casgliad a ganlyn**:

The Department showed flexibility in rolling out the scheme, adjusting scheme objectives to respond to a changing strategy and over optimistic initial planning assumptions and it is learning lessons for the future. Measures it introduced to control the scheme's costs have enabled it to avoid the budget control problems that occurred on a similar scheme in Northern Ireland.

However, the Department has not achieved value for money. It does not have a reliable estimate of the amount it has overpaid to participants that have not complied with the regulations, nor the impact of participants gaming them, which could accumulate to reduce the scheme's value significantly.

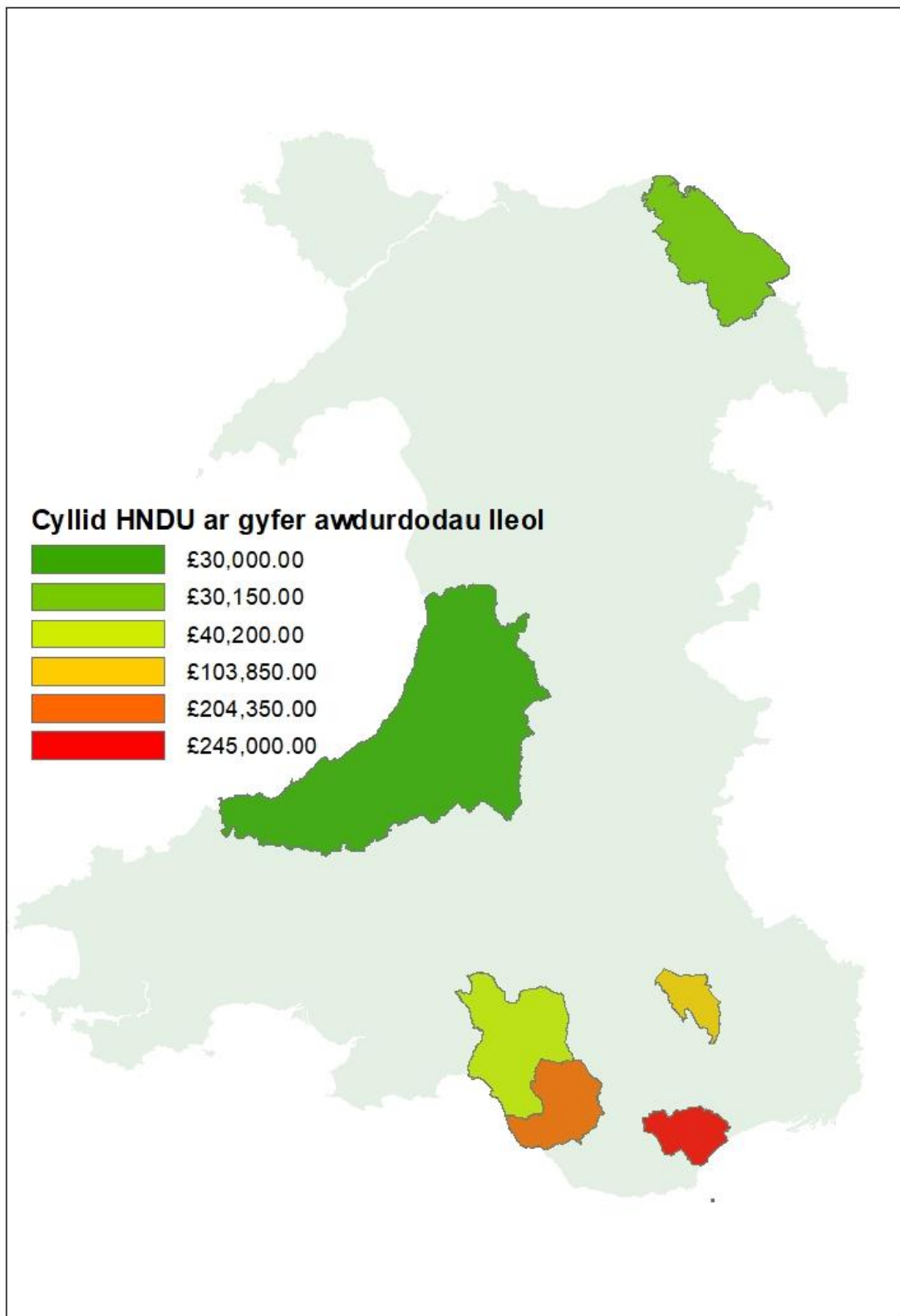
Mae Llywodraeth y DU hefyd wedi lansio **cynllun i ddatblygu arloesedd** o ran technolegau gwresogi carbon isel. Mae technolegau, prosesau a modelau busnes arloesol yn gymwys am gymorth a grantiau amrywiol o rhwng £200,000 a £2 filiwn. Cyfanswm yr arian ar gyfer y cynllun yw £10 miliwn. Ei nod yw creu ffyrdd gwell o ddarparu systemau gwres carbon isel mewn adeiladau presennol.

4. Ffynonellau gwres carbon isel

Gwresogi ardaloedd

Mae gwresogi ardal yn golygu disodli boeleri nwy unigol mewn cartrefi â ffynhonnell wres sy'n ganolog. Caiff dŵr poeth ei bibellu o gwmpas y rhwydwaith i roi gwres i bob cartref. Mae rhwydweithiau gwres ardal yn amrywio o ran maint, o grwpiau bach o eiddo i filoedd o gartrefi. Fe'u gwelir **yn fwy cyffredin mewn adeiladau annomestig ac anheddau uchel**. lle mae galw rhagweladwy am wres mewn ardal ddwys. Fodd bynnag, mae diddordeb mewn datblygu rhwydweithiau gwres er mwyn cyflenwi gwres carbon isel i ardaloedd mwy.

Gall gwresogi ardal ddarparu system wresogi nad yw'n cynhyrchu dim carbon, drwy ddefnyddio ffynonellau fel boeleri biomas neu bympiau gwres (gweler isod). Fel arall, gall ddefnyddio gwres gwastraff o gyfleusterau mawr fel prosesau diwydiannol, gorsafoedd pŵer, neu weithfeydd ynni-o-wastraff. Er nad ydynt yn ddulliau cwbl ddi-garbon, mae'r rhwydweithiau gwres hyn yn darparu cynnydd dramatig o ran effeithlonrwydd, drwy ddefnyddio gwres a fyddai fel arall yn cael ei waredu. Roedd defnyddio gwres gormodol o ddiwydiant yng Nghymru, drwy ddull gwresogi ardal, yn argymhelliad polisi allweddol gan **Bwyllgor CCC y DU** ar gyfer Llywodraeth Cymru.



Ffigur 3. Map o gyllid HNDU ar gyfer awdurdodau lleol yng Nghymru (Ffynhonnell: y Gwasanaeth Ymchwil)

Mae **Uned Ddarparu Rhwydweithiau Gwres** (HNDU) Llywodraeth y DU yn darparu cyllid a chymorth i awdurdodau lleol i ddatblygu prosiectau rhwydwaith gwres. Darparwyd pump y cant o'r cyfanswm cyllid o £14 miliwn i awdurdodau lleol yng Nghymru (Ffigur 3).

Caerdydd a gafodd y cyllid mwyaf o blith yr holl awdurdodau lleol yng Nghymru. Rhoddwyd y cyllid hwn yn 2013 er mwyn ystyried cynllun gwresogi ardal gan ddefnyddio gwres o **Waith Ynni o Wastraff Trident Park** (Ffigur 4). Mae Cyngor Caerdydd wedi ystyried cynllun arall ar gyfer defnyddio pypiau gwres (gweler isod).

Isod ceir rhai enghreifftiau o rwydweithiau gwresogi ardal ar raddfa fawr sy'n bod eisoes:

- Nottingham, sef y **system fwyaf yn y DU**. Mae gwres o gyfleuster ynni-o-wastraff yn cael ei ddosbarthu i dros 5,000 o ddefnyddwyr domestig a 100 o adeiladau masnachol;
- Southampton, sy'n defnyddio gwres a gynhyrchir gan **wres a phŵer cyfunol**, a gaiff ei danio gan nwy, ochr yn ochr â ffynonellau geothermol, ac mae hyn yn arbed tua 10,000t o CO₂e y flwyddyn;
- Gwlad yr Iâ, **Cyflenwir 95% o gartrefi gan wres ardal, yn bennaf o ffynonellau geothermol**; a
- Denmarc, **Mae gwres ardal yn cyflenwi 64 y cant o gartrefi**, yn bennaf o wres a phŵer cyfunol o danwydd ffosil. Mae'r system bellach yn trosglwyddo i bympiau gwres ac ynni o weithfeydd ynni-o-wastraff.



Ffigur 4 Gwaith Ynni-o-Wastraff Trident Park (Hawlfraint Gareth James a thrwydded i'w aildefnyddio o dan Drwydded Creative Commons)

Mae Llywodraeth yr Alban yn cefnogi gwresogi ardal drwy ei Chronfa Benthyciadau Gwresogi Ardal gwerth £5 miliwn. Sefydlodd y **Bartneriaeth Rhwydweithiau Gwres** hefyd, sef grŵp o asiantaethau sy'n cydweithio ac yn canolbwyntio ar hyrwyddo a chefnogi cynlluniau gwresogi ardal yn yr Alban. Mae'r gwaith hwn yn cefnogi datblygiad nifer o gynlluniau gwresogi ardal, gan gynnwys **pwmp gwres ffynhonnell ddŵr yn Glasgow** gwerth £3.5 miliwn.

Pympiau gwres

Pympiau gwres domestig

Mae pypiau gwres trydan yn gweithio drwy gynhyrchu ynni o ffynhonnell wres allanol. Gall pypiau gwres domestig dynnu gwres o'r **ddaear** neu o'r **aer** (Tabl 1). Yn anaml iawn y mae'r tymheredd o dan y ddaear yn gostwng yn is na 10°C yng Nghymru (mae hyn yn caniatáu gwell effeithlonrwydd gan bympiau gwres ffynhonnell daear) a gall pypiau gwres ffynhonnell aer weithio gyda thymheredd allanol sydd mor isel â -15 °C.

Gan fod pypiau gwres yn tynnu gwres o ffynhonnell allanol, yn hytrach na chynhyrchu gwres yn uniongyrchol, gallant roi mwy o wres na'u mewnbwn ynni trydanol (yn gymaint â 2-4 gwaith yn fwy). Mae hyn yn arwain at **effeithlonrwydd gwell na 100 y cant**, sy'n eu gwneud yn llawer mwy effeithlon na gwresogi traddodiadol â thrydan.

	Ffynhonnell yr awyr	Ffynhonnell y ddaear
Cost gosod	£5,000-10,000	£10,000-£18,000
Costau rhedeg blynyddol	~sy'n gyfartal â boeler nwy newydd	~ £100 yn llai na boeler nwy newydd
Effeithlonrwydd nodweddiadol	200 - 300 y cant	300-400 y cant
Gofod allanol sy'n ofynnol	2m ² gyda llif awyr dda	Tir allanol ar gyfer ffos (~30m o hyd) neu dwll turio (15-150m o ddyfnder)

Bwrdd 1 Paramedrau nodweddiadol ar gyfer pypiau gwres domestig

Mae pypmiau gwres yn fwyaf effeithlon wrth ddarparu dŵr ar dymheredd is (sef 45-50°C) na boeleri traddodiadol. O ganlyniad, mae ar bympiau gwres angen rheiddiaduron mwy neu system wresogi o dan y llawr. Y dull mwyaf effeithlon o wresogi'r cartref gyda phwmp gwres yw gwresogi'n raddol dros sawl awr. Mae i hyn y fantais bosibl o symud y defnydd o ynni i'r oriau y tu allan i'r oriau brig. Yna gellir cynyddu'r arbedion drwy dariffau prisiau deuol fel **Economi 7**, sy'n lleihau cost trydan y tu allan i'r oriau brig. Gallai **tariffau doeth**, sy'n rhoi rhagor o hyblygrwydd drwy ddefnyddio mesuryddion doeth, ganiatáu bod yr arbediad hwn yn cynyddu yn y dyfodol.

Nid oes gan bympiau gwres unrhyw allyriadau wrth eu defnyddio. Mae hyn nid yn unig yn lleihau allyriadau carbon ond hefyd yn gwella ansawdd yr aer yn lleol, yn enwedig o'i gymharu â **thanwydd solet**, fel glo a phren. Mae'r gostyngiad o ran allyriadau carbon yn dibynnu ar y cymysgedd trydan a ddefnyddir i bweru'r pwmp gwres. Bydd cyflenwad ynni adnewyddadwy yn arwain at allyriadau carbon sero ond hyd yn oed gyda'r gymysgedd ynni bresennol caiff yr allyriadau carbon eu cwtogi oddeutu **50 y cant o'i gymharu â boeleri nwy**.

Gwneir yr arbedion cost a'r gostyngiadau mwyaf o ran allyriadau wrth ailosod hen foeleri LPG neu olew, neu wresogi gan ddefnyddio trydan. Er enghraifft, gall adnewyddu boeler olew aneffeithlon arwain at arbedion o £400 y flwyddyn a lleihau allyriadau carbon o fwy na **5t CO2e y flwyddyn**. Mae hyn yn awgrymu, o bosibl, mai cartrefi rhwydwaith sy'n bell o'r cyflenwad nwy yw'r lleoliad gorau ar gyfer pypmiau gwres domestig.

Ar hyn o bryd cymharol ychydig o gartrefi sydd â phypmiau gwres (<100,000 ar draws y DU), er gwaethaf cynlluniau'r Llywodraeth i'n hannog i'w gosod. Cafodd 120 eu gosod yng Nghymru rhwng 2010 a 2012 o dan gynllun **Arbed Cam Un**. Rhwng Ebrill 2014 a Rhagfyr 2017, achredwyd 1,900 o bympiau gwres oddi ar y grid yng Nghymru o dan y **Cynllun Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy (RHI)**. Un broblem a allai fod yn arafu cyflwyno'r dull hwn yw cost uchel pypmiau gwres, a'r arbedion is bosibl o ganlyniad i ddiffyg pris carbon ar y defnydd o nwy domestig.

Nodwyd pypmiau gwres ar gyfer adeiladau nad ydynt yn rhan o'r rhwydwaith cyflenwad nwy **gan Bwyllgor CCC y DU** fel targed "gelyn isel" ar gyfer gosodiadau gwres carbon isel yn y dyfodol agos. O ystyried y gyfran uchel o gartrefi nad ydynt yn rhan o'r rhwydwaith nwy yng Nghymru, a'r gyfran gynyddol o ynni adnewyddadwy, mae hwn yn cynnig cyfle sylweddol i ddatgarboneiddio gwres yng Nghymru.

Pympiau gwres ffynhonnell dŵr

Mae pypiau gwres ffynhonnell dŵr fel arfer ar raddfa fwy ac yn cael eu defnyddio ar gyfer cynlluniau gwresogi ardal. Gallant weithio gan ddefnyddio dŵr wyneb fel pyllau, afonydd a llynnoedd neu ddŵr o dan y ddaear (fe'u gelwir weithiau hefyd yn bympiau ffynhonnell daear). Mae sawl safle ar draws De Cymru yn addas ar gyfer cynlluniau pwmp gwres dŵr daear.

Un ffynhonnell bosibl yw dŵr mewn mwyngloddiau wedi'u gadael. Mae Astudiaeth gan Brifysgol Caerdydd wedi asesu'r potensial ar gyfer ynni o fwyngloddiau ym meysydd glo De Cymru. Daeth yr astudiaeth i'r casgliad bod posibilrwydd i fwyngloddiau meysydd glo gynhyrchu hyd at 72MW o bŵer, sef digon i wresogi 6,500 o gartrefi, o safleoedd a gaiff eu monitro ar hyn o bryd. Lansiodd Cynllun gwerth £9.4m ym Mhen-y-bont ar Ogwr gan ddefnyddio glofa'r Caerau. Nod y cynllun yw gwresogi 1,000 o gartrefi a lleihau biliau ynni yn un o'r ardaloedd mwyaf difreintiedig yng Nghymru.

Mae prosiect arall, wedi'i ariannu gan Innovate UK, sy'n edrych ar y posibiliadau o ran pwmp gwres mawr i wresogi Caerdydd. Byddai hwn yn tynnu gwres o ddyfrhaen fas islaw'r ddinas, sy'n gynhesach na'r disgwyl oherwydd yr amgylchedd trefol. Ôlffitiwyd system pwmp gwres mewn Ysgol Feithrin yn ardal Grangetown o Gaerdydd fel prawf o'r cysyniad.

Pympiau gwres mewn gwledydd eraill

Er bod pypiau gwres yn gymharol anghyffredin yng Nghymru ac ar draws y DU, mae sawl gwlad sydd â llawer mwy ohonynt. Mae sawl miliwn wedi'u gosod ar draws Ewrop, yn enwedig mewn gwledydd sydd â digonedd o drydan carbon isel, fel Ffrainc, Sweden a'r Ffindir. Un ffactor allweddol sy'n hyrwyddo hyn yn y gwledydd yma yw cymarebau is o ran pris trydan a phris nwy. Mae'r Pwmp gwres Drammen yn y Ffindir yn darparu dros 30MW ar gyfer system wresogi ardal sy'n gwasanaethu dros 200 o adeiladau mawr.

Dŵr poeth solar

Mae systemau dŵr poeth solar (Ffigur 5) yn defnyddio gwres o'r haul i ddarparu dŵr poeth. Yn y DU, mae digon o adnoddau solar i ddarparu 80-90 y cant o'r angen am ddŵr poeth yn yr haf, a 20-30 y cant ar yr angen yn y gaeaf. Mae'n gyfyngedig i ddarparu dŵr poeth, gan nad yw'n darparu digon o ynni ar adegau'r flwyddyn pan fo angen gwresogi. Mae systemau dŵr poeth solar yn aml yn cael eu cyfuno â boeler confensiynol neu wresogydd tanddwr, a all ddarparu gwres a rhoi hwb i'r cyflenwad dŵr poeth.



Ffigur 5 Paneli dŵr poeth solar domestig (Hawlfraint Terence Wiki ac wedi'i drwyddedu i'w aildefnyddio o dan [Trwydded Creative Commons](#))

Yn ôl yr **Ymddiriedolaeth Arbed Ynni**, mae system gwresogi dŵr solar yn costio tua £3000 i £5000 i'w gosod. Yr arbediad arferol yw £60 y flwyddyn wrth adnewyddu system wresogi nwy a £75 y flwyddyn wrth adnewyddu system wresogi drydan, er y bydd hyn yn amrywio o un defnyddiwr i'r llall.

Cefnogir systemau dŵr poeth solar gan ddefnyddio cynllun Arbed, a **chynhwyswyd 1,080 o osodiadau fel rhan o gynllun Cam Un**. Mae 740 o gynlluniau eraill yn cael eu gosod yng Nghymru o dan y **Cynllun Cymhelliant Gwres Adnewyddadwy (RHI) domestig**. Gallant leihau allyriadau carbon o 300-500kg CO₂e fesul gosodiad y flwyddyn ond mae'n bosibl y byddant yn cystadlu am le ar wyneb safleoedd sy'n wynebu'r de ar gyfer paneli ffotofoltäig solar a all ddarparu trydan adnewyddadwy.

Biodanwyddau

Mae biodanwyddau yn cynnwys unrhyw **ddeunydd naturiol adnewyddadwy ar gyfer tanwydd pŵer, gwres a thanwydd hylifol**. Yr enghraifft fwyaf cyffredin ar gyfer gwresogi yw pren, er y gellir gwneud bio-nwy o amrywiaeth o ffynonellau.

Yn gyffredinol, ystyrir bod biodanwydd yn garbon isel, gan y cesglir yr allyriadau a grëir drwy losgi'r tanwydd yn ddiweddar, ers twf y ffynhonnell danwydd. Gellir cyfuno hwn â dal a storio carbon (CCS) (gweler **bapur briffio'r Gwasanaeth Ymchwil ar drydan carbon isel** i gael rhagor o fanylion) wrth losgi tanwydd a allai, o bosibl, arwain at allyriadau carbon negyddol. Fodd bynnag, mae'r allyriadau carbon o fiodanwyddau yn dibynnu ar y ffynonellau a'r dulliau cynhyrchu sydd eu hangen i'w trosi'n danwydd.

Y cyfyngiad mwyaf ar gyfer biodanwydd yw'r galw am dir i gynhyrchu cynydau. Roedd cynhyrchu biodanwydd **yn gysylltiedig â'r "argyfwng" prisiau bwyd yn 2008**, er bod prisiau bwyd wedi gostwng ers hynny er bod costau cynhyrchu biodanwydd wedi cynyddu. Yn ogystal, mae sawl defnydd arall o fiodanwydd a allai fod angen ei flaenoriaethu dros wresogi domestig. Mae **Pwyllgor Newid yn yr Hinsawdd (CCC) y DU yn tynnu sylw at y ffaith mai adeiladu a ddylai gael y flaenoriaeth ar gyfer defnyddio coed**, fel ffurf effeithlon iawn o gadw carbon. Efallai y bydd sectorau ble y mae datgarboneiddio yn anodd, er enghraifft, y maes diwydiant ac awyrennau, angen y rhan fwyaf o'r cyflenwad cyfyngedig o fiodanwyddau sydd ar gael.

Roedd Pwyllgor CCC y DU yn amcangyfrif y gallai oddeutu **10 y cant o'n prif gyflenwad ynni ddod o fiodanwydd yn 2050**. Mae hyn yn debyg i **Ffigur Llywodraeth y DU sef 12%**. Er mwyn sicrhau y gwelir gostyngiadau o ran allyriadau mae'n hanfodol bod biodanwydd yn cael ei gynhyrchu'n gynaliadwy ac y caiff ei gynhyrchu gan ddefnyddio ychydig iawn o garbon. Gall technolegau'r dyfodol, fel biodanwyddau o algae neu ddal a storio carbon (CCS), ganiatáu bod eu rôl yn ehangu.

Biomass

Mae biomass yn cyfeirio at fiodanwydd solet. At ddibenion gwres, mae hyn yn cyfeirio at bren yn unig, y gellir ei gyflenwi fel logiau, pelenni neu sglodion coed. Yn y cartref, gellir defnyddio biomass fel tanwydd stôf sy'n darparu gwres i ystafell sengl neu ar gyfer coginio, neu i gynnal boeleri i ddarparu dŵr poeth a gwres canolog. Er y gall y DU ymddangos fel ffynhonnell addas o bren, **mae llawer mwy yn cael ei fewnforio na'i gynhyrchu** ac **mae 95 y cant o'r pelenni pren ar gyfer ynni yn cael eu mewnforio**.

Amcangyfrifir bod **130,000 o gartrefi yng Nghymru yn defnyddio tanwydd pren**, er mai lleiafrif (~15%) sy'n ei ddefnyddio fel yr unig ffynhonnell o wres yn eu cartref. Mae ychydig dros 1,000 o gartrefi wedi cael **boeleri biomass wedi'u gosod o dan y Cynllun Cymhelliant Ynni Adnewyddadwy (RHI)** Mae ailosod system wresogi olew â biomass yn arbed **5-10t CO₂e y flwyddyn yn fras**. Fodd bynnag, mae pryderon ynghylch yr effaith ar ansawdd aer lleol, yn enwedig mewn ardaloedd ble y mae dwyster o ran adeiladau, a allai arwain at **waharddiad ar ddefnyddio stofiau llosgi coed yn Llundain o bosibl**.

Gall **boeleri biomass ar raddfa fasnachol** gael eu defnyddio i ddarparu gwres i fusnesau ac adeiladau cymunedol. Er enghraifft, caiff y Senedd (Ffigur 6), Cynulliad Cenedlaethol Cymru, ei chynnal gan **un boeler biomass 360 kW**. **Rhoddodd Llywodraeth Cymru £9.3m o gyllid** i Fwrdd Iechyd Hywel Dda i wella ei

effeithlonrwydd ynni, y defnyddiwyd rhan ohono i dalu am foeler biomas newydd yn Ysbyty Glangwili.

Gellid defnyddio boeleri biomas ar raddfa ddiwydiannol i redeg gweithfeydd gwres a phŵer cyfunol neu gynlluniau gwresogi ardal. Mae enghreifftiau o hyn yn cynnwys **Rhwydwaith Gwres Biomas Pentref Llanwddyn**, lle gosodwyd boeler biomas 600 kW i ddarparu gwres i ysgol, canolfan gymunedol a 42 o gartrefi, gan arbed dros 300t CO₂e y flwyddyn. Mae cynlluniau mwy a gweithfeydd gwres a phŵer cyfun yn fwy tebygol o gyflawni targedau dal a storio carbon hyfyw.



Ffigur 6 Gwnaeth adeilad y Senedd ddefnydd helaeth o bren fel deunydd adeiladu, a chaiff ei gynhesu'n gyfan gwbl gan ddefnyddio boeler biomas (Ffynhonnell: Cynulliad Cenedlaethol Cymru)

Bio-nwy

Gellir cynhyrchu **Bio-nwy** o dreuliad anaerobig o wastraff. Gellir ei gynhyrchu o **garthffosiaeth, gwastraff bwyd neu o sgîl-gynhyrchion y maes diwydiant neu amaethyddiaeth**. Gellir hylosgi'r nwy a grëir i gynhyrchu trydan a / neu wres, neu ei uwchraddio i fïomethan drwy gael gwared ar amhureddau, ac yna ei chwistrellu i'r rhwydwaith nwy. Mae defnyddio deunydd gwastraff yn osgoi rhai o'r problemau a geir yn sgîl defnyddio biodanwyddau eraill.

Mae oddeutu **30 o weithfeydd bio-nwy yng Nghymru**. Y mwyaf o'r rhain yw gwaith gwastraff bwyd yng Nghaerdydd sy'n **cynhyrchu digon o drydan i roi pŵer i 4,000 o gartrefi**. Er bod y mwyafrif o weithfeydd bio-nwy yn cynhyrchu trydan ar hyn o

bryd, gallai **chwistrellu biomethan i'r grid** helpu i leihau allyriadau carbon yn sgîl cynhyrchu gwres domestig heb wneud newidiadau i'r seilwaith, na newidiadau o ran ymddygiad defnyddwyr. **Gallai hyn gyfrannu hyd at 5 y cant o'r cyflenwad nwy.**

5. Mesurau hirdymor

Gall yr opsiynau uchod gael eu cyflawni i ryw raddau yn y dyfodol agos, ac fe'u disgrifir gan Bwyllgor CCC y DU fel gweithredoedd "gelyn isel". Gan edrych ymhellach i'r dyfodol, mae'n annhebygol y bydd biodanwydd yn cyfrannu mwy na 10 y cant o wres yn yr hirdymor, ac efallai y rhoddir blaenoriaeth i'w ddefnyddio mewn ardaloedd eraill. **Nododd Pwyllgor CCC y DU** ddau ateb hirdymor posibl ar gyfer datgarboneiddio systemau gwres yn y DU, naill ai:

- Rhaid ymrwymo i bympiau gwres a gwresogi ardaloedd, a'u cyflwyno ar draws y wlad; neu
- Bydd angen i hydrogen ddisodli nwy naturiol ar gyfer y rhwydwaith nwy drwyddo draw.

Hydrogen

Cynhyrchu

Un her allweddol o ran hydrogen yw y dylid ei gynhyrchu'n effeithlon ac mewn modd carbon isel. Mae modd rhoi electrolysis ar ddŵr i gynhyrchu hydrogen, ond mae troi trydan i hydrogen i wres yn llawer llai effeithlon na defnyddio pypiau gwres. O ganlyniad, byddai angen trydan rhad iawn i wneud hydrogen a gynhyrchir drwy electrolysis yn gystadleuol o ran cost.

Un fantais bosibl yw bod hydrogen yn haws i'w storio na thrydan ac felly y gellid ei gynhyrchu o ffynonellau ynni adnewyddadwy pan fo'r cyflenwad trydan yn dda (sef, ar ddyddiau heulog a gwyntog) a phan fyddai'r galw'n isel. Fodd bynnag, byddai angen cynhyrchu **400 TWh y flwyddyn o drydan** ychwanegol i gynhyrchu holl wres y DU o hydrogen drwy electrolysis. Y galw am drydan **yn y DU ar hyn o bryd yw 360TWh y flwyddyn.**

Gellir cynhyrchu hydrogen o fiodanwyddau, ond byddai hyn yr un mor gyfyngedig o ran cyfaint ag a drafodwyd uchod. Un posibilrwydd fyddai cyfuno dal a storio carbon (CCS) gyda chynhyrchu hydrogen o fiodanwyddau i sicrhau allyriadau negyddol, os byddai'n angen gwneud y gorau posibl o effaith lleihau carbon biodanwydd, ond byddai hyn yn tynnu biodanwyddau fel na byddai modd eu defnyddio mewn meysydd hanfodol eraill, fel diwydiant ac awyrennau.

Nododd Pwyllgor CCC y DU ddiwygio nwy naturiol gan ddefnyddio stêm fel y ffynhonnell fwyaf tebygol o ran hydrogen. Dyma'r dull a ddefnyddir eisoes i gynhyrchu'r **mwyafrif o'n hydrogen**. Mae'n hyn yn cynnwys defnyddio stêm a thymheredd uchel i droi nwy naturiol i hydrogen a charbon deuocsid.

Rhaid defnyddio dulliau dal a storio carbon i gasglu'r allyriadau carbon o'r broses hon. Mantais y broses hon dros losgi nwy naturiol yw y byddai cynhyrchu hydrogen yn fwy canolog, a fyddai'n caniatáu ar gyfer dal a storio carbon mewn modd mwy economaidd.

Nid oes gan Gymru fantais naturiol ar gyfer ystyried yr opsiwn hwn yn fanwl. Mae adnoddau nwy naturiol yng Nghymru yn gyfyngedig iawn oherwydd **moratoriwm ar ffracio**, ac ychydig o safleoedd cadw carbon sydd wedi'u nodi yng Nghymru. Mae gan bwl glo De Cymru, y safle mwyaf a nodwyd yng Nghymru hyd yma, **allu posibl ar gyfer 150Mt CO₂**, o'i gymharu â **4,600Mt ar gyfer storio CO₂ ar y môr oddi ar arfordir yr Alban**. Pe bai Cymru'n trosi i hydrogen, mae'n debygol y byddai'r cyflenwad yn dod o rywle arall.

Trosi i hydrogen

Roedd **Prosiect H21 Porth Dinas Leeds** yn astudio hyfywedd trosi'r rhwydwaith nwy naturiol yn Leeds i hydrogen. Canfuwyd y byddai'r broses drosi yn debyg iawn i'r hyn a wnaed yn y 1970au i droi rhwydwaith nwy'r DU o nwy trefol i nwy naturiol. Mae'r rhwydwaith pibelli polyethylene **sy'n cael eu gosod ar hyn o bryd i wella diogelwch** yn addas ar gyfer cludo hydrogen.

Dewiswyd Leeds oherwydd maint a lleoliad y ddinas. Ar lefel o dros 1 y cant o boblogaeth y DU mae Leeds yn nodweddu cam hyfyw ar gyfer trosi ledled y DU. Byddai modd adeiladu gweithfeydd diwygio methan stêm ochr yn ochr â'r gwaith nwy yn Teesside i gynhyrchu hydrogen, a byddai modd defnyddio ceudyllau halen ger yr Afon Humber i storio hydrogen. Ystyrir nad yw'r pryderon o ran diogelwch dosbarthu hydrogen yn ddim gwaeth na'r pryderon o ran nwy naturiol.

Byddai angen uwchraddio peiriannau domestig i losgi hydrogen. Roedd y prosiect H21 yn amcangyfrif y byddai hyn yn costio ychydig yn fwy na £1 biliwn, sef tua hanner cyfanswm y gost o drosi, ar gyfer 250,000 o gartrefi a rhagor na 100 o ddefnyddwyr diwydiannol.

Mae Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (BEIS) y DU bellach yn cynnal **Prosiect gwerth £25 miliwn** i archwilio'r defnydd posibl o nwy hydrogen ar gyfer gwresogi cartrefi a busnesau'r DU. Bydd y gwaith hwn yn cynnwys profi peiriannau hydrogen ynghyd â datblygu safon ansawdd hydrogen.