



Wales Centre for Public Policy
Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru

Sut y gallai Cymru gynhesu ac adeiladu cartrefi carbon isel erbyn 2035?

Greg Notman, Josh Coles-Riley, Helen Tilley,
Ebrill 2024



Ein Cenhadaeth

Mae Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru yn rhoi tystiolaeth ac arbenigedd annibynnol awdurdodol i weinidogion, uwch lunwyr polisi ac arweinwyr gwasanaethau cyhoeddus. Mae'n helpu i nodi ymatebion polisi effeithiol ac atebion ymarferol i rai o'r heriau polisi mwyaf sy'n wynebu Cymru.

Mae'r Ganolfan wedi gweithio ar ystod eang o heriau polisi ac ar hyn o bryd mae'n canolbwyntio'n benodol ar ddatblygu meddwl ffres am les cymunedol, yr amgylchedd a sero net, ac anghydraddoldebau.

Mae'n gweithio mewn partneriaeth ag ymchwilwyr blaenllaw ac arbenigwyr polisi o bob rhan o'r byd. Mae'n tynnu ar ei waith gyda Llywodraeth Cymru a gwasanaethau cyhoeddus i wella dealltwriaeth o'r gwaith o lunio a gweithredu polisïau ar sail tystiolaeth. Trwy secondiadau, lleoliadau PhD a'i raglen Prentisiaethau Ymchwil, mae'n arfogi ymchwilwyr ar ddechrau eu gyrfa i ymgymryd ag ymchwil sy'n berthnasol i bolisi.

Mae'r Ganolfan yn aelod o Rwydwaith What Works y DU, ac yn rhan o'r Arsyllfa Polisi Cyhoeddus Rhyngwladol. Mae'n cysylltu llunwyr polisi ac arweinwyr gwasanaethau cyhoeddus yng Nghymru â'r ffynonellau tystiolaeth ac arbenigedd ychwanegol hyn.

I gael rhagor o wybodaeth, ewch i'n gwefan yn www.wcppp.org.uk/cy/

Arianwyr Craidd



Sefydlwyd Prifysgol Caerdydd yn 1883. Mae Caerdydd yn brifysgol uchelgeisiol ac arloesol sydd wedi'i lleoli mewn prifddinas ffyniannus ac sy'n ymgynraedd at feithrin perthnasau rhyngwladol cryfion wrth ddangos ei hymrwymiad i Gymru.



Mae'r Cyngor Ymchwil Economaidd a Chymdeithasol (ESRC) yn rhan o Ymchwil ac Arloesedd y DU, sefydliad newydd sy'n dwyn ynghyd saith cyngor ymchwil y DU, Innovate UK a Research England i wneud y mwyaf o gyfraniad pob cyngor a chreu'r amgylchedd gorau i ymchwil ac arloesi ffynnu.



Llywodraeth Cymru yw llywodraeth ddatganoledig Cymru, sy'n gyfrifol am feysydd allweddol o fywyd cyhoeddus, gan gynnwys iechyd, addysg, llywodraeth leol, a'r amgylchedd.

Cynnwys

Crynodeb	4
Cyflwyniad	5
Adeiladau yng Nghymru:	5
Tueddiadau allyriadau adeiladau	6
Llwybr ar gyfer datgarboneiddio adeiladau	7
Pwerau a pholisïau	8
Datgarboneiddio adeiladau presennol	10
Dull ffabrig yn gyntaf?	11
Rôl hydrogen	12
Rhwystrau i'r defnydd o bympiau gwres	13
Adeiladau Anodd eu Datgarboneiddio	16
Gwydnwch hinsawdd ac addasu	17
Cyllid	18
Sgiliau	20
Datgarboneiddio adeiladau newydd	21
Dwysedd carbon deunyddiau	22
Y defnydd o bren	22
Dulliau modern o adeiladu	23
Dymchwel neu drawsnewid?	24
Diwedd glo	26
Cyfeiriadau	28

Crynodeb

- Yn y papur hwn rydym yn tynnu sylw at faterion allweddol o ran datgarboneiddio adeiladau yng Nghymru, gan ganolbwyntio ar adeiladau preswyl presennol ac adeiladau newydd.
- Mae datgarboneiddio gwresogi mewn adeiladau yn allweddol i leihau allyriadau preswyl. Er bod rhai pwerau sy'n ymwneud â datgarboneiddio adeiladau wedi'u datganoli i Gymru, mae llawer wedi'u cadw i lywodraeth y DU.
- Bydd lleihau allyriadau o adeiladau preswyl presennol yn golygu: gwella effeithlonrwydd ynni; mesurau eraill i leihau'r galw am ynni; a newid o danwydd ffosil i ffynonellau gwres carbon isel. Fodd bynnag, mae dadl ynghylch y cydbwysedd gorau posibl rhwng y mesurau hyn a'u trefn.
- Ar hyn o bryd, mae rhwystrau ymddygiadol sylweddol i fabwysiadu pypiau gwres y bydd angen eu datrys er mwyn cynyddu'r broses gyflwyno ar y raddfa ofynnol. Heb fynd i'r afael â'r rhain, nid yw manteision hinsawdd yn unig yn ddigon o gymhelliant i'r mwyafrif o berchnogion tai osod pwmp gwres.
- Mae angen inni ystyried effeithiau newid yn yr hinsawdd yn y dyfodol a sut y gellir addasu adeiladau a'u gwneud yn fwy gwydn, yn enwedig mewn perthynas â llifogydd a gorboethi.
- Mae costau ariannu datgarboneiddio ymlaen llaw mewn cartrefi yn rhwystr sylweddol ar hyn o bryd, ac mae angen cymhellion ariannol i annog aelwydydd i gychwyn ar y daith ôl-osod.
- Wrth i allyriadau gweithredol o'r defnydd o wres ac offer o ddydd i ddydd mewn cartrefi gael eu lleihau, bydd allyriadau o adeiladu, cynnal a chadw a dymchwel adeiladau yn dod yn bwysicach yn gymesur.
- Mae tensiwn rhwng yr angen i adeiladu mwy o gartrefi i fodloni'r galw, a'r allyriadau carbon ymgorfforedig sy'n gysylltiedig â gwneud hynny. Ledled y DU ar y gyfradd bresennol o adeiladu tai, bydd holl gyllideb garbon 2050 y DU ar gyfer adeiladu tai wedi'i disbyddu erbyn 2036.
- Bydd datgarboneiddio cartrefi newydd yn golygu newidiadau i'r dyluniad a'r deunyddiau sydd ynghlwm wrth eu hadeiladu.
- Er gwaethaf maint yr her sydd o'n blaenau, mae cyfleoedd i ostwng biliau cartrefi, lleihau tlodi tanwydd, gwella canlyniadau iechyd a chreu nifer sylweddol o swyddi.

Cyflwyniad

Er mwyn cyrraedd sero net yng Nghymru bydd angen gostyngiadau sylweddol mewn allyriadau o adeiladau newydd a phresennol. Mae'r papur hwn yn rhoi trosolwg o'r ystyriaethau allweddol ar gyfer datgarboneiddio adeiladau yng Nghymru, mewn cyd-destun polisi lle rhennir cyfrifoldebau rhwng llywodraethau Cymru a'r DU.

Mae'n ffurfio rhan o waith Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru i gefnogi Grŵp Her Sero Net 2035 Cymru, a sefydlwyd fel rhan o gytundeb Gydweithredol Llafur Cymru/Plaid Cymru i archwilio llwybrau posibl er mwyn cyrraedd sero net erbyn 2035. Yn benodol, mae'r darn hwn yn cyfrannu at drydydd maes her y Grŵp: Sut y gallai Cymru gynhesu ac adeiladu cartrefi a gweithleoedd erbyn 2035?

Mae'r papur hwn yn cyflwyno trosolwg o dueddiadau allyriadau o adeiladau yng Nghymru, llwybr sero net y sector adeiladu, a chymwyseddau polisi Llywodraethau Cymru a'r DU. Yna mae'n trafod saith ystyriaeth allweddol ar gyfer datgarboneiddio adeiladau preswyl presennol, ac yna trosolwg byrrach o faterion allweddol adeiladau newydd.

Adeiladau yng Nghymru:

Mae gan Gymru rywfaif o'r stoc tai lleiaf ynni effeithlon yng Ngorllewin Ewrop (Grŵp Cyngori Datgarboneiddio Cartrefi yng Nghymru, 2019). Adeiladwyd 23% o gartrefi Cymru cyn 1919, a dim ond 13% a adeiladwyd ar ôl 1990 (Lannon a Green, 2019). Tai pâr yw'r math mwyaf cyffredin o dai, sef 32% o'r stoc dai, ac yna tai ar wahân (29%) a thai teras a byngalos (27%), (Swyddfa Ystadegau Gwladol, 2023).

Y sgôr EPC ganolrifol ar gyfer tai yng Nghymru yn 2023 oedd 66 (sy'n cyfateb i fand D), gyda chartrefi mewn ardaloedd trefol fel arfer â sgôr uwch nag mewn ardaloedd gwledig (Guggisberg a Smith, 2023). Mae graddfeydd EPC wedi gwella'n sylweddol dros y ddau ddegawd diwethaf, ond eto mae'r stoc hŷn (cyn 1919) yn dal ar ei hôl hi (Robinson et al., 2023). Mae cartrefi hŷn gyda waliau solet yn llawer llai tebygol o gael eu hinswleiddio. Er bod 68% o anheddau â waliau ceudod yng Nghymru wedi'u hinswleiddio, mae'r un peth yn wir am 19% o anheddau â waliau solet (gan adlewyrchu'r ffaith bod uwchraddio ôl-osod i waliau solet yn tueddu i fod yn fwy costus ac yn fwy cymhleth na'r 'ffrwythau crog isel' o insiwleiddio waliau ceudod) (Llywodraeth Cymru, 2019a; Palmer et al., 2018).

Mae tua dwy ran o dair o gartrefi a feddiannir yng Nghymru yn rhai perchen-feddianwyr; o'r rhain mae 57% mewn perchnogaeth lwyr a 42% wedi'u prynu ar forgais (Y Swyddfa Ystadegau Gwladol, 2023). Mae traean yr anheddau a feddiannir

yng Nghymru nad ydynt yn eiddo i berchen-feddianwyr wedi'u rhannu bron yn gyfartal rhwng y rhai sy'n cael eu rhentu'n gymdeithasol a'r rhai sy'n cael eu rhentu'n breifat (Y Swyddfa Ystadegau Gwladol, 2023). Mae tai cymdeithasol yng Nghymru fel arfer yn fwy ynni-ffeithlon na chartrefi perchen-feddianwyr a chartrefi sy'n cael eu rhentu'n breifat (Grŵp Cynghori Datgarboneiddio Cartrefi yng Nghymru, 2019).

Ledled y DU, mae adeiladau masnachol a chyhoeddus (neu annomestig) yn tueddu i fod yn iau nag adeiladau preswyl, gyda thua 30% o'r stoc adeiladau annomestig wedi'u hadeiladu ers y flwyddyn 2000 (UK GBC, 2022). Mae adeiladau annomestig hefyd yn llai tebygol o fod yn berchen-feddianwyr: mae tua 61% o adeiladau annomestig yng Nghymru a Lloegr yn cael eu rhentu (Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol, 2021a). Nid oes unrhyw ddata penodol ar effeithlonrwydd ynni adeiladau masnachol a chyhoeddus yng Nghymru.

Tueddiadau allyriadau adeiladau

Roedd allyriadau uniongyrchol o bob math o adeiladau yng Nghymru yn 4.4MtCO_{2e} yn 2020 (UK CCC, 2023a). O hyn, daeth dros 80% o adeiladau preswyl, gyda thua 11% o adeiladau masnachol a 7% o adeiladau cyhoeddus.

Prif ffynhonnell yr allyriadau uniongyrchol hyn yw llosgi tanwydd ffosil ar gyfer gwresogi. Nid yw'r allyriadau uniongyrchol hyn yn cynnwys y rhai sy'n deillio o ddefnyddio trydan mewn adeiladau, yn bennaf o oleuadau a chyfarpar (allyriadau anuniongyrchol) yr ystyrir eu bod yn sylweddol is (UK CCC, 2023b). Ystyrir bod lleihau allyriadau carbon o wresogi adeiladau yn elfen allweddol wrth gyrraedd y nod sero net cyffredinol.

Bu gostyngiad mewn allyriadau uniongyrchol o adeiladau **preswyl** yng Nghymru o bron i draean rhwng 1990 a 2014, yn bennaf oherwydd gwelliannau mewn effeithlonrwydd ynni; fodd bynnag, ychydig o ostyngiad a fu ers 2014 (Coles-Riley et al., 2023). Er bod y galw am drydan o adeiladau preswyl wedi gostwng tua 9% rhwng 2009 a 2019, arhosodd y galw am nwy tua'r un peth (UK CCC, 2023a).

Cyfrannodd cynnydd mewn gweithio gartref oherwydd y pandemig COVID-19 yn bennaf at y cynnydd mewn allyriadau adeiladu uniongyrchol o 2% rhwng 2019 a 2020 (UK CCC, 2023a).

Gostyngodd allyriadau uniongyrchol o adeiladau **dibreswyl** yng Nghymru tua 60% rhwng 1990 a 2018. Oherwydd gostyngiadau yn y galw a datgarboneiddio cynhyrchu trydan, mae allyriadau anuniongyrchol o adeiladau ledled y DU wedi bod yn gostwng ar gyfradd gyfartalog o 10% y flwyddyn ers 2009 (UK CCC, 2020a).

Llwybr ar gyfer datgarboneiddio adeiladau

Mae senario llwybr cytbwys Pwyllgor Newid Hinsawdd y DU (CCC) yn defnyddio amrywiaeth o atebion ar gyfer cyrraedd sero net, gyda phwyslais ar dechnolegau ac ymddygiadau hysbys a phresennol tra hefyd yn caniatáu hyblygrwydd i atebion gael eu haddasu wrth i fwy o dystiolaeth ddod i'r amlwg (UK CCC, 2020b). Bwriedir iddo fod yn enghraifft o'r hyn y mae'r CSC yn ei ystyried yn llwybr synhwyrol ar y cyfan yn seiliedig ar ragdybiaethau cymedrol (Coles-Riley et al., 2023).

Mae'r senario a nodir yn y llwybr cytbwys yn gweld allyriadau preswyl yng Nghymru yn disgyn 45% o'r llinell sylfaen yn 2035, a bron 100% i bron i ddim yn 2050 (UK CCC, 2023a). Yn y llwybr cytbwys, mae allyriadau adeiladau dibreswyl yn gostwng 52% o gymharu â'r llinell sylfaen erbyn 2035, a 95% erbyn 2050.

Mae tri phrif faes datgarboneiddio adeiladau a ragwelir yn y senario llwybr cytbwys: newid ymddygiad, effeithlonrwydd ynni a gwresogi carbon isel (UK CCC, 2020a).

Yn y senario llwybr cytbwys, y newid i wresogi carbon isel yw prif ffynhonnell y gostyngiadau mewn allyriadau erbyn 2035, gyda chyfraniadau llai yn digwydd o ganlyniad i newid ymddygiad a mwy o effeithlonrwydd ynni mewn cartrefi. Mae'r senario'n rhagdybio bod 60% o'r holl gartrefi perchen-feddianwyr yn cyrraedd safonau EPC C erbyn 2035 fan bellaf, a bod 80% o osodiadau gwres yng Nghymru yn garbon isel erbyn 2030 (UK CCC, 2023a).

Mewn cyferbyniad, mae mwyafrif y gostyngiadau allyriadau ar gyfer adeiladau cyhoeddus a masnachol erbyn 2035 yn y llwybr cytbwys yn cael eu gyrru gan effeithlonrwydd ynni a newid ymddygiad. Mae'r senario'n rhagdybio y bydd y defnydd o fesurau newid gwres yn arafach, er bod y defnydd yn cynyddu (mewn adeiladau unigol a thrwy rwydweithiau gwres ardal) rhwng 2035 a 2050. Ar draws y DU gyfan, mae'r llwybr cytbwys yn rhagweld y bydd rhwydweithiau gwres ardal yn gwasanaethu swm sylweddol o'r galw am wres o adeiladau cyhoeddus a masnachol, sy'n cyfateb i tua 22% erbyn 2035, a 42% yn y drefn honno erbyn 2050 (UK CCC, 2020a). Mae rhwydweithiau gwres ardal yn fwyaf tebygol o gael eu defnyddio mewn ardaloedd trefol dwysedd uchel, sy'n golygu eu bod yn annhebygol o fod yn addas ar gyfer cymunedau mwy gwledig yng Nghanolbarth a Gorllewin Cymru; mae modelu yn amcangyfrif mai dim ond tua 5% o gyfanswm capasiti gwres ardal y DU fydd yn cael ei ddefnyddio yng Nghymru (Element Energy, 2015).

Mae'r senario yn rhagdybio bod boeleri nwy yn cael eu newid ar ddiwedd eu hoes ddefnyddiol ac yn cael eu dirwyn i ben yn raddol erbyn 2033, gydag adeiladau cyhoeddus yn symud yn gyflymach ac yn dirwyn boeleri nwy i ben erbyn 2030.

Yn senario allyriadau 'cynffonwynt' y CSC, mae senario 'ymestyn' yr ystyrir ei fod ar derfynau dichonoldeb, bron i ddim allyriadau o adeiladau yn cael ei gyflawni yn 2044, gyda newid ymddygiad sylweddol (gan gynnwys gostyngiad o 6% yn y galw am wres), defnydd uchel a mesurau effeithlonrwydd ynni, a mwy o effeithlonrwydd a chostau pypiau gwres dros amser (UK CCC, 2020a).

Pwerau a pholisïau

Er y cydnabyddir yn eang bod gan Lywodraeth Cymru rai pwerau i ddylanwadu ar ddatgarboneiddio adeiladau, mae'r rhan fwyaf o'r pwerau gofynnol wedi eu cadw gan lywodraeth y DU, gan gynnwys 'safonau effeithlonrwydd ynni ar gyfer adeiladau presennol, polisïau cynnyrch a rheoleiddio'r sector ariannol' (CSC y DU, 2023a: 57).

Mae Llywodraeth Cymru wedi cyhoeddi ei strategaeth wres ddrafft, sy'n arddangos ei gweledigaeth ar gyfer y llwybr at wres sero net yng Nghymru (Llywodraeth Cymru, 2023a). Mae'n nodi'r camau allweddol y gall Llywodraeth Cymru wneud cynnydd ynddynt, ond mae'n nodi bod angen diwygio brys ar lywodraeth y DU hefyd. Mae'r strategaeth hefyd yn amlygu'r ystod o ganlyniadau llesiant cadarnhaol sy'n deillio o ddarparu gwres glân, fforddiadwy a diogel i bobl a busnesau ledled Cymru, ac mae'n cefnogi dull adeilad cyfan o ddylunio atebion carbon isel ar gyfer adeiladau (Llywodraeth Cymru, 2023a).

Mae gan Lywodraeth Cymru hefyd gymhwysedd polisi dros dai a thlodi tanwydd ac mae wedi datblygu sawl rhaglen bolisi yn ymwneud â datgarboneiddio eiddo preswyl:

- Mae'r Rhaglen Ôl-osod wedi'i Optimeiddio yn ei thrydydd cam ar hyn o bryd a'i nod yw ôl-osod cartrefi sy'n eiddo cymdeithasol yng Nghymru tra hefyd yn treialu a mireinio offer a allai gefnogi datgarboneiddio eiddo preswyl yn ehangach (Llywodraeth Cymru, 2023b).
- Mae'r Rhaglen Cartrefi Clyd wedi bod yn rhan allweddol o ymdrechion Llywodraeth Cymru i ddileu tlodi tanwydd.
- Defnyddiodd y cynllun Arbed blaenorol (2009-2021) ddull ar sail ardal i wella effeithlonrwydd ynni'r eiddo sy'n perfformio waethaf, gan dargedu'r meysydd a nodwyd fel y rhai mwyaf tebygol o gynnwys pobl sy'n byw mewn tlodi tanwydd (Archwiliad Cymru, 2021).
- Mae cynllun The Nest (o 2011) yn darparu cyngor a chymorth am ddim i bob cartref yng Nghymru; yn ogystal â phecynnau ariannu o fesurau effeithlonrwydd

ynni i'r rhai ar incwm isel, neu'r rhai sy'n cael trafferth i dalu costau eu biliau ynni domestig (Llywodraeth Cymru, 2023c).

Mae pwerau sy'n ymwneud â chynllunio a rheoliadau adeiladu hefyd wedi'u datganoli i Gymru. Diwygiwyd Rhan L o Ddeddf Rheoliadau Adeiladu 2010 yn 2022 i'w gwneud yn ofynnol i leihau allyriadau carbon cartrefi newydd, ond nid yw'n gwahardd gosod boeleri tanwydd ffosil (UK CCC, 2023a).

Ar gyfer tai cymdeithasol, mae Safon Ansawdd Tai Cymru 2023 yn ei gwneud yn ofynnol i dai gael llwybr at radd EPC 'A', a chyrraedd yr isafswm gradd 'C' erbyn 2030 (Llywodraeth Cymru, 2023d). Mae pwerau i osod safonau effeithlonrwydd ynni gofynnol ar gyfer eiddo sy'n cael eu rhentu'n breifat (preswyl ac annomestig) wedi'u cadw i lywodraeth y DU, sydd wedi cyhoeddi bod newidiadau arfaethedig i godi safonau gofynnol wedi'u dileu (Swyddfa'r Prif Weinidog, 2023). Mae pwerau mewn perthynas â datgarboneiddio adeiladau masnachol wedi'u cyfyngu i gymell perchnogion adeiladau i ymgymryd â mesurau datgarboneiddio yn gynt.

Mae Llywodraeth Cymru hefyd wedi cyhoeddi ei llwybr ar gyfer cyrraedd sero net yn y sector cyhoeddus erbyn 2030 (Llywodraeth Cymru, 2021). Tynnwyd sylw at adeiladau fel maes blaenoriaeth yn y cynllun hwn: erbyn 2030 mae'r map llwybr yn nodi y bydd pob adeilad cyhoeddus yn cael gwres carbon isel, tra bydd adeiladau cyhoeddus newydd hefyd yn cael eu hadeiladu i safon sero net. Fodd bynnag, nid yw'r map llwybr yn manylu ar gamau gweithredu, cyfrifoldebau neu ofynion ariannu penodol; ac mae cryn ansicrwydd o ble y daw cyllid, yn enwedig o ystyried y pwysau ariannol presennol ar gynghorau lleol a Llywodraeth Cymru (Archwilio Cymru, 2022). Mae hefyd yn bwysig nodi bod rhai adeiladau yn y sector cyhoeddus yng Nghymru, megis carchardai, yn gyfrifoldeb i lywodraeth y DU, a'i dyddiad targed ar gyfer datgarboneiddio yw 2050, yn hytrach na 2030 (Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol, 2021b; CSC, 2023a).

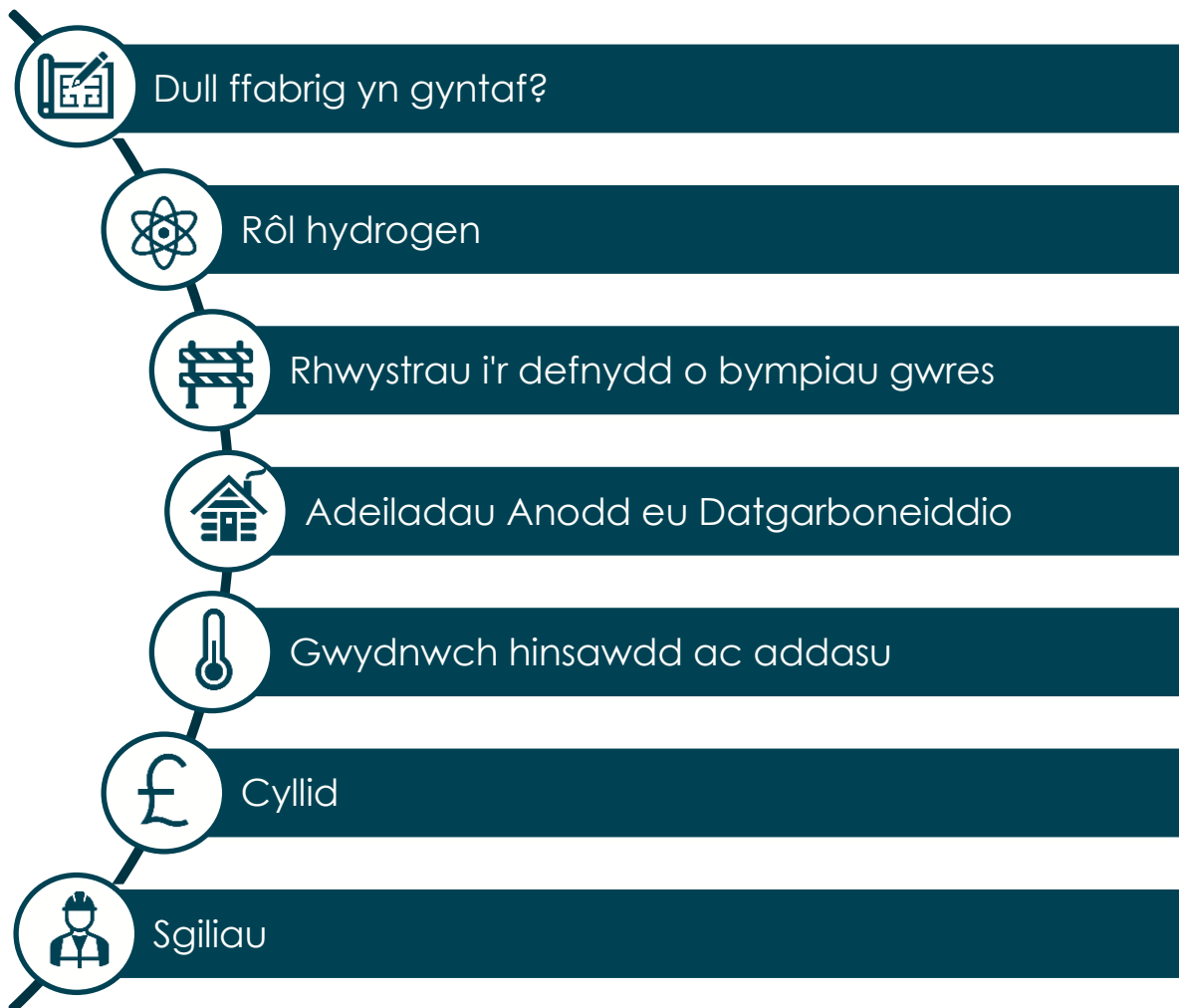


Datgarboneiddio adeiladau presennol

O ystyried bod allyriadau o adeiladau preswyl yn cyfrif am tua 80% o gyfanswm allyriadau adeiladau Cymru, a bod 80% o'r cartrefi y bydd pobl yn byw ynddynt yn 2050 eisoes yn bodoli, mae'r ystyriaethau allweddol a gyflwynir isod yn ymwneud yn bennaf â datgarboneiddio adeiladau preswyl presennol (Sefydliad Peirianeg a Technoleg, 2020; UK CCC, 2023a).

Mae Ffigur 1 yn dangos saith ystyriaeth wrth ddatgarboneiddio adeiladau a drafodir yn eu tro isod, gan ganolbwyntio ar adeiladau preswyl. Mae hefyd yn bwysig ystyried y rhain wrth ystyried datgarboneiddio adeiladau masnachol a chyhoeddus.

Ffigur 1: Ystyriaethau wrth ddatgarboneiddio adeiladau presennol



Dull ffabrig yn gyntaf?

Fel y cyflwynir yn senario llwybr cytbwys y CSC, bydd lleihau allyriadau preswyl yn sylweddol yn golygu cyfuniad o wahanol fesurau (UK CCC, 2020a):

1. Mesurau ffabrig i wella effeithlonrwydd ynni adeiladau
2. Newid tanwydd o danwydd ffosil i ffynonellau gwres carbon isel; a
3. Mesurau eraill i leihau'r galw am ynni.

Fodd bynnag, mae dadl ynghylch y cydbwysedd gorau posibl rhwng y mesurau hyn a'u trefn.

Mae'r dull 'ffabrig yn gyntaf' yn blaenoriaethu lleihau'r galw am wres trwy wella effeithlonrwydd ynni adeiladau. Mae mwy o effeithlonrwydd ynni wedi'i nodi fel un sydd â buddion lluosog, gan gynnwys biliau ynni is i feddianwyr, llai o dlodi tanwydd, a gwell iechyd a lles (IEA, 2015; Ymddiriedolaeth Passivhaus, 2021).

Mae gwella effeithlonrwydd ynni adeilad yn helpu i leihau'r galw am wres mewn adeiladau, yn bennaf drwy wella inswleiddio ffabrig (yn bennaf mewn waliau a lloffttydd) (UK CCC, 2020a). Gall mesurau eraill fel rhag-wresogi, rheoli gwresogi craff a pharthau (gyda rheolaethau amser a thymheredd ar wahân ar gyfer ystafelloedd ar wahân) hefyd helpu i leihau'r galw am wres. Gall hyn leihau allyriadau o wresogi adeiladau, ond ni all gael gwared arnynt yn gyfan gwbl tra bod y system wresogi yn parhau i fod yn danwydd ffosil (Rosenow a Hamels, 2023).

Fodd bynnag, mae potensial sylweddol bellach i ddefnyddio trydan di-garbon ar raddfa fawr i wresogi adeiladau, gan ddefnyddio technoleg sy'n fwy effeithlon na boeleri tanwydd ffosil presennol (Eyre et al., 2023). Efallai y byddai'n well felly gosod mesurau ffabrig mewn cartrefi yn unig er mwyn sicrhau bod pwmp gwres yn gallu gweithio'n dda (Willis, 2022). Mae llawer o gartrefi eisoes wedi gosod mesurau ffabrig haws a rhatach, sy'n golygu y byddai gwelliannau pellach yn debygol o gynnwys mesurau a fyddai'n ddrutach ac yn amharu mwy ar feddianwyr (Eyre, et al., 2023). Amcangyfrifir y gallai rhwng chwarter a thraean o gartrefi Cymru fod yn barod i gael pwmp gwres wedi'i osod heb unrhyw ôl-osod ffabrig (Regan et al., 2023).

Gall ffabrig yn gyntaf felly fod yn hyfyw lle mae'n gost-effeithiol, fodd bynnag dadleuwyd y dylai fod yn ychwanegol at newid gwres, ac nid yn ddewis arall (Eyre et al., 2023). Gallai blaenoriaethu mesurau ffabrig yn lle newid gwres hefyd arafu'r broses o ddatgarboneiddio adeiladau, oherwydd efallai na fydd yn ymarferol cynnal y gwaith dros yr amserlen ofynnol (Eyre et al., 2023; Regan et al., 2023).

Gall canolbwyntio ar newid gwres yn unig (er enghraifft, newid o foeler nwy i bwmp gwres), mewn egwyddor, leihau allyriadau uniongyrchol adeiladau i sero os yw'r system wres newydd yn sero allyriadau (Rosenow a Hamels, 2023). Ar yr amod bod digon o ynni allyriadau sero i fodloni'r galw, byddai hyn yn parhau i fod yn wir hyd yn oed pe bai adeiladau'n parhau i fod yn thermol aneffeithlon a chyda galw uchel am wres. At hynny, hyd yn oed os yw'r cyflenwad trydan yn garbon 100%, mae pypiau gwres yn lleihau allyriadau anuniongyrchol gan eu bod yn llawer mwy effeithlon na boeleri nwy.

Fodd bynnag, bydd blaenoriaethu newid gwres yn cyflymu twf y galw ychwanegol am drydan. Gallai trydaneiddio gwres ychwanegu tua 50% at alw brig y DU am drydan erbyn 2050, gyda mwy o amrywioldeb o flwyddyn i flwyddyn yn y galw (Zhang et al., 2022; Peacock et al., 2023). Bydd bodloni'r galw am drydan eisoes yn gofyn am gyfradd ymosodol o allu cynyddol i gynhyrchu trydan (Price, 2023). Felly, gallai canolbwyntio ar fesurau ffabrig cyn mabwysiadu pwmp gwres leihau'r pwysau ar system ynni a fydd hefyd yn wynebu cynnydd sylweddol yn y galw mewn meysydd eraill; fodd bynnag gall costau fod yn ormodol (Williams a Vigurs, 2023).

Mae y tu hwnt i gwmpas y papur hwn i asesu'n fanwl ble mae'r cydbwysedd gorau rhwng dulliau sy'n canolbwyntio ar ffabrig a newid tanwydd. O ystyried cyflymder datblygiad technolegau gwresogi carbon isel a nifer fawr o bethau anhysbys, mae hwn yn faes lle gall tystiolaeth gyhoeddedig bresennol fynd â ni hyd yn hyn. Fel yr ydym yn cydnabod yn ein **adroddiad cysylltiedig** ar raglenni ôl-osod rhyngwladol, gellir ystyried datgarboneiddio gwresogi preswyl ar y cyflymder a'r raddfa ofynnol fel 'tiriogaeth anhysbys y tu hwnt i'r sylfaen dystiolaeth sydd ar gael', sy'n golygu bod llunwyr polisi yn wynebu'r her o wneud penderfyniadau polisi allweddol ar ddatgarboneiddio adeiladau tra'n llywio ansicrwydd (Carmichael, 2019).

Rôl hydrogen

Wrth ystyried mesurau newid gwres ar gyfer datgarboneiddio, mae gwresogi hydrogen a phypiau gwres yn cael eu hystyried fel y ddau lwybr cynradd, yn gyffredinol. Cydnabyddir hefyd y bydd rhwydweithiau gwres ardal yn debygol o wasanaethu nifer cynyddol o gartrefi mewn ardaloedd trefol yn bennaf (Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol, 2021c). Mae rhai hefyd yn dadlau dros ddefnyddio systemau gwresogi hybrid, megis defnyddio pwmp gwres trydan ochr yn ochr â boeler hydrogen (HHIC, 2022).

Mae strategaeth wres ddrafft Llywodraeth Cymru yn cynnig pypiau gwres fel yr ateb gorau posibl ar gyfer y rhan fwyaf o adeiladau, gyda pharthau canolbwynt hydrogen ar gyfer diwydiannau tymheredd uchel (Llywodraeth Cymru, 2023a). Mae Comisiwn Seilwaith Cenedlaethol y DU yn datgan y 'dylai'r llywodraeth ddiystyru

cefnogi gwresogi hydrogen i alluogi ffocws unigryw ar newid i wres trydan' (2023a: 37).

Mae'r graddau y mae hydrogen yn garbon niwtral yn dibynnu ar sut y cafodd ei gynhyrchu; mae amcangyfrifon yn awgrymu, ar y gorau, y gellid cynhyrchu digon o hydrogen i gynhesu tua 20% o holl gartrefi'r DU erbyn 2030, ond dim ond hanner hyn fyddai'n garbon niwtral (Woollard, 2023). Fel y nodir yn y strategaeth wres ddrafft, mae gan hydrogen rôl bwysig i'w chwarae mewn datgarboneiddio diwydiannol, a fyddai'n debygol o fod angen cyfran sylweddol o'r hydrogen sydd ar gael. Efallai y bydd yn bosibl darparu gwresogi hydrogen mewn cartrefi lle mae hefyd yn cael ei gyflenwi i ganolbwyntiau diwydiannol, megis yn y parthau canolbwynt hydrogen arfaethedig, er nad oes digon o dystiolaeth ar hyn o bryd ynghylch a yw hyn yn wir (Rosenow, 2022).

Mae cynigwyr gwresogi hydrogen yn dadlau mai ei brif fantais yw rhwyddineb y trawsnewid, gan fod llawer o foeleri nwy eisoes yn gallu gwrthsefyll cyfuniad hydrogen o 23% (Cyngor ar Bopeth, 2020; Rosenow, 2022). Fodd bynnag, mae'n debygol y byddai angen arolygon eiddo a datgysylltu dros dro ar gyfer y trawsnewid (Williams et al., 2018; Energy Systems Catapult, 2022a).

Mae dystiolaeth yn awgrymu bod gwresogi hydrogen hefyd yn debygol o fod yn llai effeithlon ac yn defnyddio mwy o adnoddau (Rosenow 2022; Academi Beirianeg Frenhinol, 2022). Mae modelu yn awgrymu, er gwaethaf costau gosod cychwynnol pypiau gwres, bod cost barhaus cynhyrchu hydrogen yn golygu bod pypiau gwres, sydd eisoes yn dechnoleg aeddfed, yn debygol o fod yn fwy cost-effeithiol yn y tymor hir (Strbac et al., 2018 ; Baldino et al., 2020; Comisiwn Seilwaith Cenedlaethol y DU, 2023)

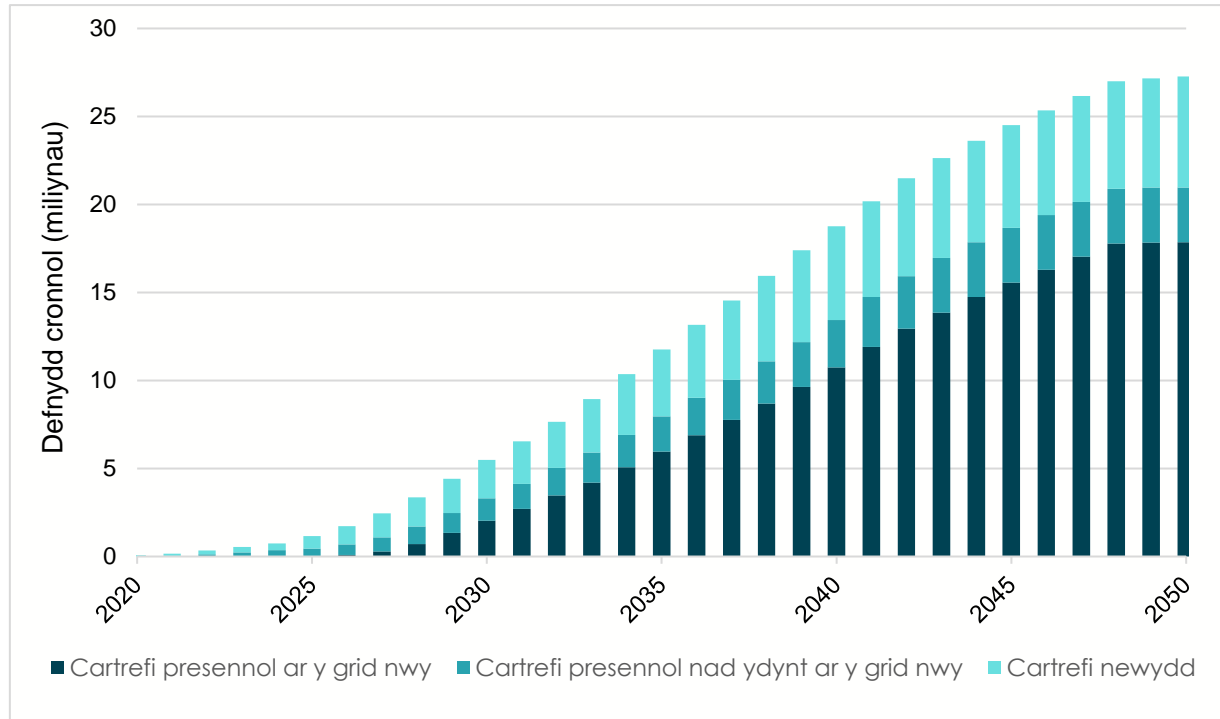
Yn ogystal â phryderon ynghylch costau'r ddwy dechnoleg, mae ymchwil yn awgrymu bod dealltwriaeth gyfyngedig o hydrogen a phypiau gwres ymhlith defnyddwyr, a bod diffyg budd canfyddedig i ddefnyddwyr yn sail i'w diffyg derbynioldeb (Williams et al., 2018) .

Rhwystrau i'r defnydd o bympiau gwres

Amcangyfrifir bellach bod bron i 15,000 o bympiau gwres wedi'u gosod ledled Cymru, gyda chyflymder mabwysiadu yn cynyddu o 600 o osodiadau ardstiedig yn 2016 i 2,000 yn 2022-23 (Regan a Gorman, 2023; Llywodraeth Cymru, 2023e). Er bod hwn yn gynnydd i'w groesawu tuag at gyflwyno mwy o bympiau gwres, mae angen mwy o waith i gyrraedd targed newydd Llywodraeth Cymru o 580,000 o bympiau gwres wedi'u gosod yng Nghymru erbyn 2035 (Llywodraeth Cymru, 2023f). Ar hyn o bryd, mae rhwystrau ymddygiadol sylweddol i fabwysiadu pypiau gwres, y bydd angen

eu datrys er mwyn cynyddu'r broses gyflwyno ar y raddfa ofynnol; a bydd cyrraedd targedau ôl-osod yn gofyn am ddealltwriaeth o sut mae nodweddion lluosog yn dylanwadu ar ymddygiad perchnogion tai (Hale et al., 2022). Dengys Ffigur 2 isod foddelu'r CSC o lefelau'r defnydd o bympiau gwres mewn adeiladau preswyl ledled y DU sydd eu hangen i gyrraedd targedau sero net.

Ffigur 2: Defnydd cronol o bympiau gwres mewn adeiladau preswyl yn y DU



Ffynhonnell: Pwyllgor y DU ar y Newid yn yr Hinsawdd (2020a).

Er bod llawer o bobl yn cydnabod bod datgarboneiddio eu cartref yn bwysig ac y bydd angen newidiadau, ychydig sydd wedi dweud eu bod naill ai wedi gosod pwmp gwres neu'n bwriadu gosod pwmp gwres (Chapman et al., 2021). Mae'r bwloch hwn rhwng gwerthoedd a gweithredoedd yn rhannol oherwydd y teimlad na ddylai unigolion orfod ysgwyddo'r cyfrifoldeb am ddatgarboneiddio eu cartrefi (Ofgem, 2020).

Nid yw datgarboneiddio yn flaenoriaeth ddigon mawr i berchnogion tai osod pwmp gwres. Yn hytrach, y potensial i arbed arian ar filiau ynni yw'r ysgogiad mwyaf ar gyfer gosod pwmp gwres (Ofgem, 2020; Ahmad, 2023). Fodd bynnag, mae costau uchel ymlaen llaw yn rhwystr sylweddol. Mae costau ymlaen llaw ar gyfer gosod pypiau gwres ac atebion gwresogi carbon isel eraill yn sylweddol uwch nag opsiynau gwresogi carbon-ddwys, hyd yn oed wrth ystyried cymorth presennol y llywodraeth (Ofgem, 2020). Mae grwpiau oedran hŷn (sy'n fwy tebygol o fod yn

berchen ar eu cartref eu hunain) yn ystyried bod costau ymlaen llaw uchel yn bwysicach nag arbedion posibl yn y dyfodol (Chapman et al., 2021).

Gwaethygir y rhwystr rhag blaen o ran costau gan y ffaith nad yw costau rhedeg rhatach wedi'u gwarantu a'u bod yn dibynnu ar berfformiad y pwmp gwres: mae gan bympiau gwres sy'n cyflawni ffactor perfformiad tymhorol uwch (SPF) gostau tanwydd blynyddol is o gymharu â boeleri nwy, ond mae pypiau gwres â mae SPF a gyflawnwyd yn costio ychydig yn fwy y flwyddyn i'w redeg na boeler nwy (Barnes a Bhagavathy, 2020). Er bod gan bympiau gwres yn fwy cyffredinol fudd effeithlonrwydd o 300%+ dros foeleri nwy, nid yw hyn yn trosi'n llwyr yn arbedion cost oherwydd cost manwerthu trydan uwch o gymharu â nwy (Carmichael, 2019), er y dylid nodi bod tueddiadau diweddar wedi gweld prisiau manwerthu nwy yn codi'n gyflymach na thrydan (Willis, 2022).

Mae cystadleurwydd economaidd pypiau gwres o gymharu â boeleri nwy yn cael ei wanbau ymhellach gan effeithiau trethi ac ardollau ar drydan; mae ardollau amgylcheddol yn cyfrif am 23% o filiau trydan yn y DU tra bod yr un tâl yn cyfrif am ddim ond 2% o filiau nwy (Lowe et al., 2022). Mae llywodraeth y DU wedi cydnabod y gallai'r mecanwaith trethi ac ardollau presennol ar gyfer trydan fod â chanlyniadau anfwriadol ar gyfer y defnydd o bwmp gwres (a EV), ac mae'n bwriadu lleihau costau trydan trwy ail-gydbwyso ardollau ynni neu rwymedigaethau oddi wrth drydan dros y degawd hwn (BEIS, 2021).

Y tu hwnt i rwystrau cost, mae rhwystrau eraill i'r defnydd o bympiau gwres trwy gydol y daith fabwysiadu. Canfu ymchwil gan y Tîm Behavioral Insights, ochr yn ochr â chostau cychwynnol a chostau rhedeg uchel, fod rhwystrau o bwysigrwydd arbennig yn cynnwys amharodrwydd i argymell pwmp gwres gan beirianwyr gwresogi sy'n ymddangos yn amheus sydd hefyd yn newydd i'r dechnoleg; a chymhlethdod enfawr a hyd y broses (rhwystr arbennig pan fo angen newid boeler nwy gydag unrhyw frys, o ystyried mai'r gaeaf yw pan fydd boeleri nwy yn fwy tebygol o fethu) (Park et al. 2023). Ystyrir bod cael gwybodaeth am atebion gwresogi amgen a chael dyfynbrisiau yn broses lafurus a dryslyd gan fod pypiau gwres yn gweithredu mewn ffordd wahanol i foeleri nwy (Harrington, 2023). Mae defnyddwyr yn amharod i wneud gwaith adnewyddu sylweddol a allai newid ymddangosiad eu cartref neu gymryd amser hir i'w osod, ac mae'n anodd dod o hyd i'r crefftwyr cywir (Ofgem, 2020; Chapman et al., 2021; Ahmad, 2023). Mae pryderon hefyd am effeithiau gweledol a sŵn pypiau gwres (Ahmad, 2023).

Mae profiadau pobl eraill yn ffactor dylanwadol arbennig o bwysig i ddefnyddwyr wrth wneud newidiadau i'w cartrefi. Mae pobl yn gwerthfawrogi tystiolaethau personol, cadarnhaol neu negyddol, am wahanol gynhyrchion ac maent yn debygol o ymddiried yn y rhain yn fwy na mathau eraill o wybodaeth (Ofgem, 2020).

Adroddiadau negyddol o osodiadau gwael yn arwain at berfformiad gwaeth na'r disgwyl a chostau rhedeg uwch yn cyfrannu at hyder isel mewn pypiau gwres; awgrymwyd y gallai rhannu tystiolaethau gan fabwysiadwyr cynnar helpu i unioni hyn, gan fod ffocws y cyfryngau presennol yn hynod negyddol (Harris a Walker, 2023).

Mae dibyniaeth llwybrau systemau gwresogi wedi arwain at optimeiddio'r seilwaith, cartrefi a'r amgylchedd rheoleiddio presennol ar gyfer gwres canolog nwy (Gross a Hanna, 2019). Mae defnydd llwyddiannus o bympiau gwres mewn gwledydd eraill fel Sweden a'r Ffindir wedi digwydd pan oedd olew a thanwydd solet, yn hytrach na nwy, yn systemau gwresogi sefydledig. Yn y gwledydd hyn costau is a mwy o gysur fu'r prif yrwyr (Williams a Vigurs, 2023).

Mae angen i bolisiau sy'n annog y symudiad tuag at bympiau gwres oresgyn y ddibyniaeth ar lwybr sydd wedi'i sefydlu gan systemau gwresogi nwy, ac annog amgylchedd lle mae manteision cost a pherfformiad yn ysgogi mwy o ddefnydd (Gross a Hanna, 2019).

Adeiladau Anodd eu Datgarboneiddio

Mae adeiladau'n anodd eu datgarboneiddio pan fo'r mesurau sydd eu hangen i gyrraedd sero net yn aneconomaidd, yn drafferthus yn logistaidd neu'n dechnegol, neu'n amharu ar y meddianwyr (Parity Projects, 2022).

Mae tri phrif fath o gartref y gellir eu hystyried yn anodd eu datgarboneiddio, gan gynnwys y rhai nad ydynt ar y grid nwy, y rhai â statws rhestredig neu mewn ardal gadwraeth (eiddo treftadaeth) a'r rhai sydd â chyfyngiadau lle (Element Energy, 2019).

Mae'n bosibl na fyddai gan hyd at 20% o gartrefi'r DU ddigon o le i osod systemau gwresogi trydan (Element Energy, 2019). Mae astudiaethau peilot yn awgrymu y gall fod diffyg lle mewn rhai cartrefi â chyfyngiadau lle ar gyfer unedau awyr agored, ac mae eraill yn rhy agos at eiddo cyfagos i gydymffurfio â rheoliadau cynllunio cyfredol (LCP Delta, 2022). Roedd cyfran fach o eiddo, fflatiau yn bennaf, hefyd yn brin o le ar gyfer storffeydd thermol, ac roedd angen batris gwres drutach (Burns et al., 2022; LCP Delta, 2022). Mae'n bosibl y bydd rhai eiddo sy'n brin o le yn elwa o bympiau gwres cymunedol ond bydd angen mesurau effeithlonrwydd ynni ychwanegol arnynt o hyd (Element Energy, 2019).

Mae eiddo treftadaeth ac eiddo oddi ar y grid yn wynebu heriau tebyg wrth osod mesurau newid gwres. Mae'r eiddo hyn fel arfer yn hŷn ac wedi'u hinswleiddio'n wael, sy'n golygu bod mabwysiadu dull adeilad cyfan a ffabrig yn gyntaf yn debygol o

fod yn llawer drutach (Qureshi, 2022). Mae eiddo treftadaeth hefyd yn wynebu rhwystrau ychwanegol cyfyngiadau cynllunio llymach a chostau ychwanegol cysylltiedig (Nair et al., 2022; Parity Projects, 2022). Mae'r 30,000 o adeiladau rhestredig yng Nghymru yn llai nag 1% o gyfanswm stoc adeiladau Cymru (Cadw, 2018).

Nid yw tua un o bob pum cartref yng Nghymru wedi'u cysylltu â'r grid nwy, cyfran uwch na chyfartaledd y DU (Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol, 2022). Mae amrywiad rhanbarthol sylweddol, gydag eiddo mewn rhannau gwledig o Ganolbarth a Gogledd Cymru yn llai tebygol o fod yn gysylltiedig. Mae eiddo oddi ar y grid yn defnyddio amrywiaeth o ffynonellau tanwydd, ac mae llawer o adeiladau yn defnyddio ffynonellau lluosog o danwydd. Mae tua 8% o anheddau yng Nghymru yn defnyddio olew fel eu hunig ffynhonnell danwydd, mae 2% yn defnyddio tanc neu nwy potel, ac mae 10% yn defnyddio ffynonellau lluosog (Y Swyddfa Ystadegau Gwladol, 2023).

Amcangyfrifir y gallai tua 15% o gartrefi oddi ar y grid a 35% o eiddo treftadaeth ledled y DU fod yn addas ar gyfer gwresogi ardal; ac mae'n debygol y bydd angen pwmp gwres ar y mwyafrif nad ydynt yn addas (Element Energy, 2019). Gall pypiau gwres hybrid, gyda boeler wrth gefn sy'n rhedeg bionwy, fod yn ateb ar gyfer cartrefi oddi ar y grid sydd â gofynion gwres uchel, neu sy'n rhy ddrud neu'n anymarferol i'w hinswleiddio'n ddigonol (Cymdeithas Ynni Cynaliadwy, 2020; Qureshi, 2022).

Bydd cyrraedd sero net mewn adeiladau anodd eu datgarboneiddio yn gofyn am fuddsoddiad sylweddol ymlaen llaw gan eu perchnogion, ac eto er gwaethaf hyn nid oes unrhyw gynlluniau penodol ar hyn o bryd i ddatgarboneiddio eiddo oddi ar y grid neu eiddo treftadaeth (Qureshi, 2022). Fodd bynnag, mae mesurau newid gwres yn debygol o arwain at gostau ynni is yn y tymor hir, a fydd o fudd i berchnogion, yn enwedig gan fod y rhai sy'n defnyddio tanwyddau amgen neu'n byw mewn adeiladau hŷn yn fwy tebygol o gael eu dosbarthu fel rhai sydd mewn tlodi tanwydd (Llywodraeth Cymru, 2022; Stewart a Bolton, 2023).

Gwydnwch hinsawdd ac addasu

Wrth wneud penderfyniadau ynghylch ôl-osod, bydd angen inni hefyd ystyried effeithiau newid yn yr hinsawdd yn y dyfodol a sut y gellir addasu adeiladau a'u gwneud yn fwy gwydn. Ar hyn o bryd ychydig o gyfeiriadau a geir at addasu i newid yn yr hinsawdd yn y rheoliadau adeiladu presennol, ac mae prinder cyngor ac offer i helpu i fynd i'r afael ag effaith amodau'r dyfodol (Hayles, 2022).

Llifogydd yw'r perygl mwyaf y mae angen ei addasu a bydd angen i Gymru baratoi ar gyfer patrymau tywydd gwlypach a mwy eithafol (Hayles 2022). Fodd bynnag, nid

oes unrhyw bolisiau ar hyn o bryd i helpu perchnogion tai i ariannu neu weithredu mesurau gwrthsefyll llifogydd mewn eiddo unigol (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2021; UK CCC, 2023b).



Risg arall yw gorboethi yn yr haf, sydd eisoes yn bryder sylweddol. Yn seiliedig ar yr hinsawdd bresennol, amcangyfrifir bod 55% o gartrefi yn y DU ar hyn o

bryd yn methu'r asesiad risg ar gyfer gorboethi ystafelloedd gwely yn ystod y nos, sy'n golygu bod y tymheredd yn uwch na 26C am fwy nag 1% o'r oriau nos blynyddol (Arup, 2022). Gyda chynnydd tymheredd o 2C rhagwelir y bydd tua 90% o gartrefi'r DU yn gorboethi ac mae'n debygol y bydd angen mesurau lliniaru (Arup, 2022). Mae lefelau uwch o weithio gartref hefyd yn debygol o gynyddu amlygiad i orboethi yn ystod y dydd, gydag effeithiau posibl ar gynhyrchiant ac iechyd a lles (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2021; UK CCC, 2023b).

Mae fflatiau yn cynrychioli'r math o adeilad sydd fwyaf tebygol o orboethi oherwydd eu lefelau uchel o wydr ac awyru naturiol cyfyngedig, ac er bod modelau sy'n amcangyfrif nifer y cartrefi sy'n debygol o gael eu heffeithio ar hyn o bryd ac yn y dyfodol, prin yw'r data sy'n dangos pa eiddo yn cael eu heffeithio mewn gwirionedd (UK CCC, 2023b).

Mae llawer o fesurau posibl i liniaru yn erbyn gorboethi eisoes yn gyffredin mewn hinsawdd gynhesach ond nid ydynt yn bresennol yn y DU ar hyn o bryd. Yn ogystal â buddsoddi mewn seilwaith megis caeadau, gwyntyllau a systemau aerdymheru; maent hefyd yn gofyn am newid ymddygiad, megis defnyddio bleindiau, llenni ac agor ffenestri ar yr amser oeraf o'r dydd (Arup, 2022).

Cyllid

Mae costau ymlaen llaw ariannu datgarboneiddio cartrefi ar hyn o bryd yn rhwstr sylweddol i'r defnydd o fesurau ôl-osod, ac mae angen cymhellion ariannol i annog aelwydydd i gychwyn ar y daith ôl-osod (UK Finance, 2022). I'r mwyafrif o berchnogion tai, bydd datgarboneiddio yn golygu costau mawr ymlaen llaw a chyfnodau ad-dalu hir.

Fodd bynnag, mae rhai cynlluniau presennol sy'n anelu at ddarparu cymhellion ariannol: er enghraifft, mae Cynllun Uwchraddio Boeleri llywodraeth y DU yn darparu grantiau o hyd at £7,500 tuag at systemau gwresogi carbon isel (Ofgem, 2023). Mae Manceinion ar hyn o bryd yn treialu cynlluniau cyllid cysylltiedig ag eiddo mewn partneriaeth â'r Green Finance Institute, lle mae ariannu mesurau datgarboneiddio cartrefi yn gysylltiedig â'r eiddo yn hytrach na'r perchennog (Green Finance Institute, 2022).

Er gwaethaf rhai cynlluniau sy'n cael eu hariannu gan y llywodraeth, disgwylir y bydd cyfalaf preifat yn darparu'r rhan fwyaf o'r cyllid i berchnogion tai sy'n gallu talu (Green Finance Institute, 2022; UK Finance, 2022). Mae hyn yn debygol o fod ar ffurf benthyciadau llog isel hirdymor, neu fod yn gysylltiedig â morgaeisi. Mae sawl banc yn y DU bellach yn cynnig cynnyrch morgais gwyrdd, lle caiff cyfraddau llog eu disgowntio os yw'r eiddo'n cael gradd EPC A neu B, fodd bynnag, bydd angen cynnig cymorth hefyd i bobl na all eu cartrefi gyrraedd y lefel hon o effeithlonrwydd yn ddichonadwy (Ahern, 2022). Mae tua 35% o gartrefi yn y DU hefyd yn ddi-forgais, sy'n golygu y bydd yn rhaid i bobl sy'n berchen ar eu cartrefi'n llwyr gael eu targedu mewn ffyrdd eraill: gall sefydliadau ariannol ddarparu gwybodaeth a chynhyrchion eraill i'r grŵp hwn (Ahern, 2022; UK Finance, 2022).

Fodd bynnag, bydd angen eglurder ac arweiniad gan y llywodraeth ar fenthycwyr a darparwyr cynhyrchion ariannol, gan ddarparu arwyddion polisi hirdymor sefydlog a meithrin cydweithredu rhwng y sectorau preifat a chyhoeddus (Green Finance Institute, 2020; UK Finance, 2022). Mae rheoleiddio cynhyrchion ariannol yn bŵer a gedwir yn ôl, sy'n gofyn am gydweithio pellach rhwng llywodraethau Cymru a'r DU i ddangos ymateb cydgysylltiedig i'r her sero net i fenthycwyr.

Mae Treth Trafodiadau Tir (LTT) wedi'i datganoli i Gymru, fodd bynnag, ac mae'n un mecanwaith posibl ar gyfer annog perchnogion tai i ddatgarboneiddio eu heiddo. Un opsiwn polisi arfaethedig yw addasu'r dreth trafodiadau tir y mae'n ofynnol ei thalu ar eiddo yn seiliedig ar ei effeithlonrwydd ynni, a thrwy hynny gynyddu'r galw gan brynwyr am gartrefi ynni effeithlon (UK Finance, 2022). Mae'n bosibl y bydd hefyd yn bosibl derbyn ad-daliadau treth os gwneir gwelliannau i Dystysgrif Perfformiad Ynni cartref o fewn dwy flynedd i'w brynu.

Bydd mesur arbedion ynni o'r fath yn debygol o fod yn her. Ar hyn o bryd, amcangyfrifir arbedion i raddau helaeth gan ddefnyddio modelau (fel y Weithdrefn Asesu Safonol a ddefnyddir i gynhyrchu EPCs) nad ydynt yn cyfrif am amrywiadau yn y defnydd o ynni, nac am ansawdd y gwaith a wneir (Energy Systems Catapult, 2022b). Nid yw Tystysgrifau Perfformiad Ynni yn cael eu diweddarau'n ddigon aml ychwaith i fod o ddefnydd i fenthycwyr. Yn lle hynny, gallai dull safonol sy'n mesur arbedion ynni yn gywir gan ddefnyddio data mesuredig helpu i roi hyder i fenthycwyr

a helpu i gynnwys data cywir am gartrefi yn eu penderfyniadau (Energy Systems Catapult, 2022b; 2023; Cyllid y DU, 2022).

Sgiliau

Bydd y newid i gartrefi ac adeiladau datgarbonedig yng Nghymru yn gofyn am ailsgilio'r gweithlu presennol yn sylweddol ochr yn ochr â nifer fawr o newydd-ddyfodiaid i'r sector adeiladu a'r crefftau cysylltiedig gan gynnwys trydanwyr, plymwyr a pheirianwyr gwresogi. Yn ogystal â sgiliau technegol yn ymwneud â gosod pypiau gwres a mesurau ôl-osod eraill, mae anghenion sgiliau eraill gan gynnwys gwerthuso ynni, arolygu, a dylunio, cydlynu ac asesu ôl-ffitio (Notman et al., 2023). Mae'r sector hefyd wedi wynebu prinder sgiliau parhaus yn y blynyddoedd diwethaf, gyda nifer fawr o weithwyr hŷn yn ymddeol heb gael eu penodi yn eu lle (Watkins a Hochlaf, 2021).

Amcangyfrifir bod angen tua 12,000 o weithwyr cyfwerth ag amser llawn ychwanegol yng Nghymru yn unig erbyn 2028 i gyflawni'r newid a nodir yn Llwybr Cytbwys y CSC, sy'n cynrychioli cynnydd i'r gweithlu presennol o tua 11% (CITB, 2021). Mae hyn yn cynnwys 2,800 ychwanegol o blymwyr a thechnegwyr gwresogi, awyru a thymheru, yn ogystal â dros 2,500 o reolwyr prosiect (gan gynnwys cydlynwyr ôl-osod) (CITB, 2021). Yn nodweddiadol, prentisiaethau yw'r llwybr y mae gweithwyr newydd yn dod i mewn i'r sector drwyddo, ond bydd angen amrywiaeth o lwybrau mynediad i gefnogi swyddi ychwanegol mewn rolau newydd a phresennol, gan gynnwys drwy addysg bellach, sy'n aml yn cael ei thanddefnyddio (CITB, 2021).

Mae'r galw am ailsgilio wedi'i gyfyngu ar hyn o bryd gan y diffyg galw canfyddedig gan ddefnyddwyr am fesurau ôl-osod (James Relly et al., 2022). Mae angen cydnabyddedig am lwybrau newydd i'r sector a darpariaeth ddigonol o gymwysterau (CITB, 2021). Fodd bynnag, y nifer sy'n dewis y cyrsiau sy'n cael eu darparu ac mae cyflogwyr yn amharod i neilltuo amser ar gyfer ailsgilio gweithwyr heb arwyddion cryf gan y llywodraeth dros y llwybr i adeiladau sero net (gan gynnwys, er enghraifft, rôl hydrogen) (James Relly et al., 2022; Notman et al., 2023). Mae yna hefyd gyfran uchel o weithwyr hunangyflogedig, sy'n amharod i gymryd rhan mewn addysg a hyfforddiant o ystyried y posibilrwydd o golli enillion (James Relly et al., 2022).

Mae'r system addysg a hyfforddiant sy'n cefnogi'r sectorau adeiladu ac adeiladau yn dameidiog, gydag amrywiaeth o weithredwyr yn atebol am ddarpariaeth hyfforddiant a sgiliau (Watkins a Hochlaf, 2021; James Relly et al., 2022). Bydd cydgysylltu a chydweithio rhwng actorion, gan gynnwys rhwng Llywodraeth Cymru a'r Comisiwn Addysg Drydyddol ac Ymchwil (CTER) newydd yn allweddol i sicrhau bod darpariaeth ddigonol o sgiliau i ddatgarboneiddio adeiladau yng Nghymru.

Datgarboneiddio adeiladau newydd

Wrth i allyriadau gweithredol o'r defnydd o wres a chyfarpar o ddydd i ddydd mewn cartrefi gael eu lleihau trwy drydaneiddio a datgarboneiddio'r cyflenwad trydan, bydd yr allyriadau wrth adeiladu, cynnal a chadw a dymchwel adeiladau yn dod yn bwysicach yn gymesur.

Rhwng Ebrill 2022 a Mawrth 2023, cwblhawyd 5,785 o anheddau newydd yng Nghymru, gyda 79% ohonynt gan y sector preifat (Llywodraeth Cymru, 2023g). Bu tuedd sylweddol ar i lawr yn nifer y tai newydd a gwblhawyd yng Nghymru dros amser: cwblhawyd tua 40% yn llai o adeiladau yn 2022-23 o gymharu â'r 1990au, a thua 25% yn llai nag yn y 2000au cynnar.

Nid yw nifer y cartrefi newydd sy'n cael eu hadeiladu yng Nghymru ar hyn o bryd yn bodloni'r galw. Amcangyfrifodd Llywodraeth Cymru yn flaenorol y byddai angen rhwng 6,200 ac 8,300 o gartrefi newydd y flwyddyn rhwng 2019-20 a 2023-24 (Llywodraeth Cymru, 2020a). Mae modelau eraill wedi amcangyfrif y gallai'r galw hwn fod yn uwch: o leiaf 8,700 o gartrefi'r flwyddyn (Holmans, 2015). Er mwyn ateb y galw, bydd yn rhaid i gyfraddau adeiladu tai ddychwelyd i lefelau nas gwelwyd ers dechrau'r 2000au (Holmans, 2015).

Mae tensiwn rhwng yr angen i ateb y galw am dai tra hefyd yn bodloni amcanion amgylcheddol. Daw allyriadau o adeiladau newydd yn bennaf o'r rhai a allyrrir wrth gynhyrchu deunyddiau (yn enwedig dur a choncrit), yn ogystal â'r rhai a allyrrir yn anuniongyrchol o beiriannau tanwydd ffosil yn y broses adeiladu. Ledled y DU mae angen cynyddu nifer y cartrefi newydd sy'n cael eu hadeiladu i ateb y galw, ond ar y gyfradd bresennol o adeiladu tai, bydd holl gyllideb garbon 2050 y DU ar gyfer adeiladu tai wedi'i disbyddu erbyn 2036 (Drewniok et al., 2023).

Wrth ddewis safle ar gyfer datblygiadau newydd, mae angen rhoi ystyriaeth i'r perygl llifogydd cyffredinol, er mwyn osgoi'r angen am fesurau amddiffyn rhag llifogydd yn y dyfodol ((Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2021). Mae ardaloedd mwy trwchus ac arwyneb caled yn fwy tebygol o ddiodeff llifogydd dŵr wyneb a gall ymgorffori mannau glas a gwyrdd yn y datblygiadau hyn liniaru'r risg hon (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2021). Gall ymgorffori mannau glas a gwyrdd hefyd helpu i gyflawni buddion lluosog eraill, gan gynnwys cryfhau bioamrywiaeth, gwella iechyd a lles a lleihau'r risg o orboethi (Georgiou a Chastin, 2021; UK GBC, 2021). Mae cysgodi, albedo, symudiad aer a gosodiad datblygiad yn ffactorau eraill a all gynyddu'r risg o

orboethi; ar ben hynny, wrth i gartrefi newydd gael eu dylunio i ddod yn fwyfwy ynni-effeithlon, mae'r risg o orboethi yn yr eiddo hyn yn cynyddu (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2021).

Bydd dylunio cartrefi newydd i fod mor ynni-effeithlon â phosibl yn lliniaru colli gwres, yn lleihau biliau cartrefi ac yn lleihau allyriadau uniongyrchol ac anuniongyrchol. Fodd bynnag, mae rheoliadau adeiladu yn tueddu i orfodi safonau gofynnol yn hytrach nag annog y lefelau gorau posibl o effeithlonrwydd ynni ar gyfer costau adeiladu ac allyriadau carbon. Newidiwyd y safonau effeithlonrwydd ynni ar gyfer cartrefi newydd yng Nghymru yn 2022 i fynnu gostyngiad o 37% mewn allyriadau o gymharu â safon 2014: mae hwn yn ostyngiad mwy nag yn Lloegr (31%) (Ideal Heating, 2022). Fodd bynnag, mae'r CSC a'r Ffederasiwn Tai Cenedlaethol yn cytuno nad yw'r rheoliadau hyn yn mynd yn ddigon pell i gyflawni sero net, ac y bydd angen lefelau sylweddol uwch i osgoi gorfod ôl-osod cartrefi newydd yn y dyfodol (Ffederasiwn Tai Cenedlaethol, 2020; DU; CSC, 2020c; 2023a)

Mae gweddill yr adran hon yn amlygu pedair ystyriaeth allweddol ar gyfer lleihau allyriadau o adeiladu tai newydd cartrefi.

Dwysedd carbon deunyddiau

Er bod allyriadau gweithredol wedi gostwng wrth i adeiladau ddod yn fwy effeithlon ac ynni adnewyddadwy wedi tyfu, mae carbon ymgorfforedig, a allyrrir trwy gynhyrchu deunyddiau ac wrth adeiladu ei hun, wedi aros yn gymharol wastad (Isaac a Hawkshaw, 2020). Mae dur a sment yn ddeunyddiau a ddefnyddir yn gyffredin mewn adeiladu ac, yn unig, y deunyddiau hyn sy'n gyfrifol am bron i hanner allyriadau diwydiannol y DU (Wooknowledge Wales, 2019).

Er mwyn datgarboneiddio adeiladau newydd, mae angen optimeiddio dyluniadau i leihau maint y deunyddiau carbon-ddwys, mae angen datgarboneiddio prosesau gweithgynhyrchu eu hunain, ac mae angen aildefnyddio ac ailgylchu deunyddiau lle bo hynny'n ymarferol (Pomponi a Moncaster, 2016; Fforwm Economaidd y Byd, 2023). Gellir defnyddio deunyddiau carbon-ddwys yn lle deunyddiau eraill hefyd: pren (a drafodir isod) yw'r un a drafodir amlycaf, ond mae potensial hefyd ar gyfer deunyddiau arloesol gan gynnwys colofnau carreg vibro, leinin cywarch a byrnau gwellt (Isaac a Hawkshaw, 2020).

Y defnydd o bren

Yn lle fframiau dur a choncrit, mae cartrefi ffrâm bren yn ddull adeiladu carbon isel profedig. Mae tua un o bob tri o dai Cymru â ffrâm bren, ac maent hyd yn oed yn fwy cyffredin yn yr Alban, yr Unol Daleithiau a Sgandinafia (Spear et al., 2019; Timber

Development UK, 2023). Mae tua 80% o'r pren a ddefnyddir mewn adeiladu yn cael ei fewnforio, fodd bynnag, ac er y gellid defnyddio pren o Gymru i fodloni'r galw, byddai hyn yn gofyn am 45,000 hectar pellach o goedwig (Wooknowledge Wales, 2019). Mae gan bren sydd newydd ei blannu hefyd amser arweiniol nodweddiadol o 35-45 mlynedd nes ei fod yn barod i gael ei gynaeafu (Ramage et al., 2017). Mewn senario o ddefnydd uchel o bren, gyda thua 270,000 o gartrefi yn cael eu hadeiladu gan ddefnyddio pren yn y DU bob blwyddyn, amcangyfrifir bod tua 3 MtCO_{2e} yn cael ei atafaelu yn 2050, dim ond tua 4% o allyriadau presennol y DU o adeiladau preswyl (Spear et al ., 2019).

Mae'r prif anfantais i ddefnyddio pren yn digwydd ar ddiwedd ei oes. Y tri phrif opsiwn yw aildefnyddio, llosgi neu dirlenwi, a bydd y ddau olaf yn dychwelyd CO₂ i'r atmosffer (Ramage et al., 2017). Felly, bydd angen cynhyrchu ynni trwy fïomas (gan ddal a storio carbon) neu ddulliau atafaelu arloesol eraill i liniaru allyriadau (Arup, 2019a). Ar ben hynny, mae defnyddio pren mewn adeiladu yn aml yn cael ei ystyried yn risg tân (Gildings, 2022). Yn wir, gwaherddir defnyddio cladin pren ar adeiladau preswyl ac ysbytai dros 18m o uchder, ar ôl newidiadau mewn deddfwriaeth yn dilyn tân Tŵr Grenfell (Llywodraeth Cymru, 2019b).



Dulliau modern o adeiladu

Mae dulliau adeiladu modern (MMC) yn cyfeirio at amrywiaeth eang o dechnegau adeiladu gan ddefnyddio datblygiadau technolegol i ddisodli neu ategu dulliau adeiladu traddodiadol (Llywodraeth Cymru, 2020b). Gall hyn gynnwys rhag-lunio elfennau adeiladu gan gynnwys paneli wal a nenfwd, fframiau, a fflatiau modiwlaid llawn. Prif fantais MMC yw ei gyflymder: gall leihau amser adeiladu o fwy na hanner tra'n cynyddu ansawdd adeiladu (Arup, 2019b). Er y gall cost ymlaen llaw adeiladau fod yn uwch gydag MMC, gellir gwireddu arbedion tymor hwy dros oes gyfan y tŷ, o adeiladu, meddiannu, dymchwel i waredu (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2020). Gall gwaith parod hefyd leihau gwastraff mewn ffatrioedd a chaniatáu ar gyfer safonau amgylcheddol uwch o gymharu ag adeiladu traddodiadol.

Fodd bynnag, nid yw gwydnwch adeiladau MMC, a'r effeithiau cysylltiedig ar gost, yn hysbys ar hyn o bryd o gymharu ag eiddo traddodiadol (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2020). Mae defnyddwyr yn poeni fwyfwy am unffurfiaeth cartrefi modern, gan ffafrio arddull draddodiadol sy'n llai ymwithiol i'r amgylchedd lleol, felly nid yw dull modiwlaid adeiladau MMC fel arfer yn boblogaidd gyda defnyddwyr (Ali, 2019). Mae benthycwyr hefyd yn ofalus ynghylch buddsoddi mewn prosiectau sy'n defnyddio MMC, sy'n golygu bod angen i ddatblygwyr godi swm sylweddol o gyfalaf ymlaen llaw ar hyn o bryd cyn y gall prosiect ddechrau (Cymdeithas Cynllunio Gwlad a Thref, 2020).

Dymchwel neu drawsnewid?

Drwy ddymchwel adeilad presennol i godi un newydd yn ei le, mae'r allyriadau sy'n gysylltiedig ag adeiladu'r eiddo gwreiddiol yn cael eu gwastraffu a chaiff allyriadau newydd eu creu (Penman, 2021). Nid oes llawer o gymhellion yn y broses gynllunio i annog cadw a throsi adeiladau presennol ac yn aml mae diffyg gwybodaeth am yr hen adeilad ei hun, gan arwain at arolygon helaeth sy'n cymryd llawer o amser (Penman, 2021). Mae cyfradd adnewyddu adeiladau dibreswyl yn uwch nag adeiladau preswyl, ond cafwyd awgrymiadau diweddar y gallai gofod swyddfa nas defnyddir gael ei drawsnewid ar raddfa fawr yn gartrefi (Clifford, 2021; Abbey et al., 2022).

Mae'r dystiolaeth sy'n cefnogi naill ai dymchwel ac ailosod neu adnewyddu yn dal yn ansicr oherwydd gwahaniaethau methodolegol mewn cyfrifo carbon (Schwartz et al., 2018). Yn seiliedig ar allyriadau gweithredol yn unig, byddai amnewid yr adeilad yn debygol o gael effaith amgylcheddol is na'i drosi, fodd bynnag, mae adeiladau a

addaswyd yn tueddu i gael effaith carbon oes gyfan is oherwydd yr allyriadau sy'n gysylltiedig â dymchwel ac ailadeiladu (Schwartz et al., 2018 ; Abbey et al., 2022). Mae ansawdd unrhyw ôl-osod yn bryder allweddol, gan fod rhai adeiladau sydd wedi'u hôl-ffitio'n wael wedi'u trawsnewid yn perfformio'n waeth yn ystod eu cylch bywyd o gymharu ag adeiladau newydd oherwydd eu galw mawr am wres (Schwartz et al., 2018). Mae buddsoddwyr bellach yn annog datblygwyr i adnewyddu adeiladau yn hytrach na'u dymchwel a'u hadnewyddu, ond mae angen o hyd am well gwybodaeth a dealltwriaeth o fewn y sector ar fanteision a heriau'r ddau ddull (Penman, 2021)

Diwedd glo

Bydd datgarboneiddio adeiladau yng Nghymru yn dasg anhygoel o gymhleth, yn enwedig wrth ystyried y stoc adeiladau hŷn yng Nghymru o gymharu â gweddill y DU, a'r nifer fawr o adeiladau a fydd yn anodd eu datgarboneiddio. Mae cyflymder datgarboneiddio yn cynyddu ond nid yw'n cynyddu'n ddigon cyflym ar hyn o bryd i gyrraedd targedau Llywodraeth Cymru.

Mae gobaith hefyd y gall cynnydd yn y sector tai cymdeithasol helpu i annog datgarboneiddio cartrefi rhent preifat a chartrefi perchen-feddianwyr trwy ddatblygu gweithlu medrus a chynyddu hyder defnyddwyr trwy effaith arddangos; er na welir eto a fydd hyn yn ddigon i gyflymu cynnydd ar y cyflymder angenrheidiol.

Mae bylchau mawr yn parhau yn y data ar y nifer sy'n manteisio ar fesurau datgarboneiddio gwres ac ar yr ynni a arbedwyd o ganlyniad i'w defnyddio, sy'n cyflwyno her. Mae'r diffyg data hwn yn un rheswm pam mai ychydig o gynhyrchion neu gymhellion ariannol sydd wedi'u hanelu at helpu perchen-feddianwyr i ddatgarboneiddio eu cartrefi – rhywbeth a fydd yn hollbwysig er mwyn goresgyn rhwystr costau ymlaen llaw uchel. Er bod llawer o feysydd cymhwysedd polisi wedi'u cadw i lywodraeth y DU, mae strategaeth wres ddrafft Llywodraeth Cymru yn gam sylweddol tuag at nodi meysydd lle y gall wneud gwahaniaeth (UK CCC, 2023a). Wrth ddatblygu'r polisiau hyn, gallai Cymru gymhwyso'r hyn a ddysgwyd o ymdrechion mewn mannau eraill, fel yr amlygir yn ein gwaith arall [yn y maes hwn](#).

Er bod ôl-osod preswyl yn ddi-os yn allweddol i gyflawni datgarboneiddio adeiladau yng Nghymru, mae adeiladau masnachol a chyhoeddus yn wynebu llawer o'r un heriau. Mae ariannu ôl-osod adeiladau cyhoeddus yn arbennig yn debygol o fod yn rhwystr sylweddol i Lywodraeth Cymru, yn enwedig yn yr hinsawdd economaidd sydd ohoni. Yn ddiamau, bydd yn rhaid i bob adeilad addasu i hinsawdd newidiol Cymru, yn enwedig mewn perthynas â llifogydd a gorboethi, ac eto nid oes digon o ddata ar lefel eiddo ar hyn o bryd i ddeall maint y broblem hon yn llawn (UK CCC, 2023b).

Wrth i ni wneud cynnydd o ran lleihau allyriadau gweithredol o redeg adeiladau o ddydd i ddydd, bydd y cylch bywyd allyriadau llawn yn dod yn fwy arwyddocaol. Gall hyn arwain at newidiadau posibl yn nyluniad adeiladau, y deunyddiau a ddefnyddir, a phenderfyniadau am ddymchwel. Mae gan Lywodraeth Cymru ymreolaeth polisi yn y maes hwn, ond bydd angen ystyried unrhyw benderfyniadau yn ofalus er mwyn sicrhau eu bod yn cael eu cydgysylltu â newidiadau ar draws gweddill y DU.

Er y bydd angen rhoi mwy o sylw i'r allyriadau sy'n gysylltiedig ag adeiladu'r nifer o gartrefi newydd sydd eu hangen i fodloni'r galw, bydd cyflawni ôl-osod preswyl ar y

raddfa sy'n ofynnol i gyrraedd sero net yn 2035 neu 2050 yn gofyn am newid sylweddol yn gyflym, a bydd angen polisiau i alluogi hyn i ddigwydd. Mae angen i Lywodraeth Cymru a Llywodraeth y DU ystyried y ffordd orau o hwyluso a chydgysylltu newid o'r maint hwn.

Ac eto, er gwaethaf maint a nifer yr heriau sylweddol a amlinellwyd uchod, mae datgarboneiddio adeiladau hefyd yn cyflwyno cyfleoedd. Mae cyflwyno gwresogi glanach a rhatach ar gyfer cartrefi â'r potensial i leihau tloidi tanwydd a gwella iechyd, yn ogystal â chefnogi cadwyni cyflenwi lleol a darparu nifer fawr o swyddi yn y sector adeiladu ac, yn enwedig ym maes adnewyddu a chynnal a chadw cartrefi (Comisiynydd Cenedlaethau'r Dyfodol) ar gyfer Cymru, 2021).

Cyfeiriadau

Abbey, D., Arbabi, H., Gillott, C., Ward, W., a Tingley, D.D. (2022). **Demolish or reuse? The balance between operational and embodied emissions in the retrofit of commercial buildings.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1078

Ahern, J., Lam, C., a Chitrao, A. (2022). **The Retrofit Conundrum.** Bankers for Net Zero. Adalwyd o: <https://www.bankersfornetzero.co.uk/wp-content/uploads/2022/12/Banks-and-the-net-zero-transition-Final-Undesigned.pdf>

Ahmad, S. (2023). **Motivations and Barriers Associated with Adopting Domestic Heat Pumps in the UK.** UK Collaborative Centre for Housing Evidence. Adalwyd o: <https://housingevidence.ac.uk/publications/motivations-and-barriers-associated-with-adopting-domestic-heat-pumps-in-the-uk/>

Ali, S. (2019). **Building a better market: making the housebuilding market work for consumers.** Social Market Foundation. Adalwyd o: <http://www.smf.co.uk/wp-content/uploads/2019/03/Building-a-Better-Market.pdf>

Arup (2019a). **Rethinking Timber Buildings.** Adalwyd o: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/rethinking-timber-buildings>

Arup (2019b). **How Modern Methods of Construction can deliver more through the planning system.** Adalwyd o: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/how-modern-methods-of-construction-can-deliver-more-through-the-planning-system>

Arup (2022). Addressing overheating risk in existing UK homes. Adalwyd o: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/rethinking-timber-buildings>

Audit Wales (2021). **The Welsh Government's Warm Homes Programme.** Adalwyd o: <https://www.archwilio.cymru/cyhoeddiad/rhaglen-cartrefi-cynnes-llywodraethau-cymru>

Audit Wales (2022). **Public Sector Readiness for Net Zero Carbon by 2030.** Adalwyd o: <https://www.audit.wales/publication/public-sector-readiness-net-zero-carbon-2030>

Barnes, J. & Bhagavathy, S. M. (2020). **The economics of heat pumps and the (un)intended consequences of government policy.** Energy Policy 138, 111198.

BEIS (2021). **Heat and Buildings Strategy.** Llywodraeth y DU.

Burns, F., Strachan, S., Dunne, H., a McGuinness, P. (2022). **Building-level energy storage: reducing consumer bills to deliver zero-emissions heat.**

ClimateXChange. Adalwyd o:

<https://www.climateexchange.org.uk/research/projects/building-level-energy-storage-reducing-consumer-bills-to-deliver-zero-emissions-heat>

Cadw (2018). **Understanding listing.** Adalwyd o: <https://cadw.gov.wales/advice-support/historic-assets/listed-buildings/understanding-listing#section-introduction>

Carmichael, R. (2019). **Behaviour change, public engagement and Net Zero: A report for the Committee on Climate Change.** Adalwyd o:

<https://www.theccc.org.uk/publication/behaviour-change-public-engagement-and-net-zero-imperial-college-london/>

CITB (2021). **Building skills for net zero in Wales.** Adalwyd o:

https://www.citb.co.uk/media/bdrbdlmo/b06414_net_zero_report_wales_v7.pdf

Citizens Advice (2020). **Hydrogen for homes.** Adalwyd o:

<https://www.citizensadvice.org.uk/about-us/our-work/policy/policy-research-topics/energy-policy-research-and-consultation-responses/energy-policy-research/improving-support-for-prepay-customers-self-disconnecting/>

Clifford, B. (2021). **Can unused office space solve the housing crisis?** RICS.

Adalwyd o: <https://www.rics.org/news-insights/wbef/can-unused-office-space-solve-the-housing-crisis>

Coles-Riley, J., Notman, G., Tilley, H., and Bristow, D. (2023). **Sero Net 2035: Overview of emissions trends and pathways.** Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru. Adalwyd o: <https://www.wcpp.org.uk/cy/cyhoeddi/mudo-yng-nghymru/>

Comisiynydd Cenedlaethau'r Dyfodol Cymru. **Cartrefi sy'n Addas ar gyfer y Dyfodol: Yr Her Ôl-osod.** Wedi'i adfer o:

https://www.futuregenerations.wales/resources_posts/homes-fit-for-the-future-the-retrofit-challenge/

Chapman, O., Kapetaniou, C., a Gabriel, M. (2021). **Datgarboneiddio Cartrefi: Consumer attitudes towards energy efficiency and green heating in the UK.**

Nesta. Adalwyd o: <https://www.nesta.org.uk/report/decarbonising-homes-consumer-attitudes/>

Drewniok, M., Dunant, C.F., Allwood, J.M., Ibell, T., and Hwkins, W. (2023). **Modelling the embodied carbon cost of UK domestic building construction: Today to 2050.** Ecological Economics, 205–156.

Element Energy (2015). **Research on district heating and local approaches to heat decarbonisation.** UK CCC. Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/publication/element-energy-for-ccc-research-on-district-heating-and-local-approaches-to-heat-decarbonisation/>

Element Energy (2019). **Analysis on Abating Direct Emissions from ‘Hard-to-Decarbonise’ Homes.** UK CCC. Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/publication/analysis-on-abating-direct-emissions-from-hard-to-decarbonise-homes-element-energy-ucl/>

Energy Systems Catapult (2022a). **Inclusive Innovation: Safeguarding the switch to domestic hydrogen.** Wales & West Utilities Adalwyd o: <https://www.wwutilities.co.uk/media/4225/wwu-report-11.pdf>

Energy Systems Catapult (2022b). **Metered Energy Savings Next Steps: Unlocking home retrofit financing by reliably measuring energy savings.** Adalwyd o: <https://es.catapult.org.uk/report/metered-energy-savings/>

Energy Systems Catapult (2023). **Retrometer.** Adalwyd o: <https://es.catapult.org.uk/project/retrometer/>

Eyre, N., Fawcett, T., Topouzi, M., Killip, G., Oreszczyn, T., Jenkinson, K., and Rosenow, J. (2023). **Fabric first: is it still the right approach?** Buildings and Cities, 4(1), pp. 965-972.

Georgiou, M.A., a Chastin, C. (2021). **This is how urban ‘blue spaces’ can improve our health.** World Economic Forum. Adalwyd o: <https://www.weforum.org/agenda/2021/03/blue-spaces-water-improve-mental-health-says-study/>

Gildings, J. (2022). **Mass Timber: Challenges & Potential Solutions.** Timber Accelerator Hub. Adalwyd o: https://asbp.org.uk/wp-content/uploads/2022/05/TAH_online_final.pdf

Green Finance Institute (2020). **Financing energy efficient buildings: the path to retrofit at scale.** Adalwyd o: <https://www.greenfinanceinstitute.com/wp->

[content/uploads/2020/05/Financing-energy-efficient-buildings-the-path-to-retrofit-at-scale.pdf](#)

Green Finance Institute (2022). **GMCA and Green Finance Institute announce partnership for energy-efficiency homes**. Adalwyd o:

<https://www.greenfinanceinstitute.com/news-and-insights/gmca-and-green-finance-institute-announce-partnership-for-energy-efficiency-homes/>

Gross, R., a Hanna, R. (2019). **Path dependency in provision of domestic heating**. Nature Energy, 4, pp.358-364

Grŵp Cynghori Datgarboneiddio Cartrefi yng Nghymru (2019). **Cartrefi Gwell, Cymru Well, Byd Gwell: Datgarboneiddio cartrefi presennol yng Nghymru**. Llywodraeth Cymru. Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/adolygiad-annibynnol-datgarboneiddio-adroddiad-cartrefi-cymru>

Guggisberg, A.S., a Smith, C. (2023). **Energy efficiency of housing in England and Wales: 2023**. Office for National Statistics. Adalwyd o: <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/housing/bulletins/housingaffordabilityinenglandandwales/2023>

Gwresogi Delfrydol (2022). **Yr hyn sydd angen i chi ei wybod am newidiadau Rhan L yng Nghymru a'r Alban**. Adalwyd o: <https://idealheating.com/blog/what-you-need-to-know-about-part-l-changes-in-wales-and-scotland>

Hale, J., Jofeh, C., a Chadwick, P. 2022. **Decarbonising existing homes in Wales: a participatory behavioural systems mapping approach**. UCL Open: Environment (4).

Harrington, N. (2023). **Heat Pumps and Domestic Heat Decarbonisation in the UK: A Systems Thinking Analysis of Barriers to Adoption**. UK Collaborative Centre for Housing Evidence. Adalwyd o: <https://housingevidence.ac.uk/publications/heat-pumps-and-domestic-heat-decarbonisation-in-the-uk-a-systems-thinking-analysis-of-barriers-to-adoption/>

Harris, B., a Walker, A. (2023). **Heat Pumps**. Parliamentary Office of Science and Technology. Adalwyd o <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-0699/>.

Hayles, C. (2022). **Pa mor wydn yw adeiladau yn y DU a Chymru i'r heriau sy'n gysylltiedig â hinsawdd sy'n newid? Llywodraeth Cymru**. Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/cydnerth-adeiladau-heriau-cyswllt-newid-hinsawdd-adroddiad>

HHIC (2015). **Hybrid Heat Pumps: A Flexible Route to Decarbonise Heat.** Adalwyd o: <https://www.hhic.org.uk/news/decarbonisation-of-heat-impossible-without-hybrid-heat-pump-incentive-says-expert>

Holmans, A. (2015). **Yr Angen a'r Galw am Dai yng Nghymru yn y Dyfodol.** Sefydliad Polisi Cyhoeddus i Gymru. Adalwyd o: <https://www.wcpp.org.uk/publication/future-need-and-demand-for-housing-in-wales/>

IEA (2015). **Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency.** Adalwyd o: <https://www.iea.org/reports/capturing-the-multiple-benefits-of-energy-efficiency>

Institute of Engineering and Technology (2020). **Scaling up retrofit 2050.** Adalwyd o: <https://www.theiet.org/impact-society/factfiles/built-environment-factfiles/retrofit-2050/>

Isaac, P., a Hawkshaw, J. (2020). **Scaling low-carbon construction materials.** The Structural Engineer 98(9), pp. 14-20.

James Relly, S., Killip, G., Robson, J., Emms, K., Klassen, M., and Laczik, A. (2022). **Greening Construction: A complex challenge for jobs, skills and training.** Edge Foundation. Adalwyd o: https://www.edge.co.uk/documents/293/EDGE_Greening_construction_Report-Final.pdf

Lannon, S., a Green, E. (2019). **Cartrefi heddiw ar gyfer yfory: Datgarboneiddio Tai Cymru rhwng 2020 a 2050.** Prifysgol Caerdydd. Adalwyd o: <https://www.gov.wales/sites/default/files/publications/2019-10/housing-information-group-26-september-2019-homes-of-today-for-tomorrow.pdf>

Lowes, R. et al. (2022). **A policy toolkit for global mass heat pump deployment.** Global Buildings Performance Network.

Llywodraeth Cymru (2019a). **Arolwg Cyflwr Tai Cymru (effeithlonrwydd ynni anheddau): Ebrill 2017 i Fawrth 2018.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/arolwg-cyflwr-tai-cymru-effeithlonrwydd-ynni-anheddau-ebriil-2017-i-fawrth-2018>

Llywodraeth Cymru (2019b). **Cymru yn gwahardd defnyddio cladin hylosg ar adeiladau uchel.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/gwaharddiadau-defnyddio-cyflogadwy-cladin-adeiladau-uchel>

Llywodraeth Cymru (2020a). **Amcangyfrifon o angen tai: Yn seiliedig ar 2019.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/amcangyfrifon-angen-tai-ar-sail-2019>

Llywodraeth Cymru (2020b). **Ailddychmygu'r ffordd y caiff tai cymdeithasol eu hadeiladu yng Nghymru: Strategaeth Dulliau Adeiladu Modern ar gyfer Tai Cymdeithasol.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/sites/default/files/publications/2020-02/strategaeth-adeiladu-tai-cymdeithasol.pdf>

Llywodraeth Cymru (2021). **Statws di-garbon net erbyn 2030: map llwybr y sector cyhoeddus.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/net-zero-carbon-status-2030-public-sector-route-map>

Llywodraeth Cymru (2022). **Amcangyfrifon wedi'u modelu ar gyfer tloidi tanwydd ar gyfer Cymru: ym mis Hydref 2021.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/amcangyfrifon-modelu-tloidi-tanwydd-cymru-hydref-2021>

Llywodraeth Cymru (2023a). **Strategaeth ddigidol i Gymru.** Ar gyfer ymgynghoriad: Cyrchwyd o: https://www.llyw.cymru/sites/default/files/consultations/2023-08/crynodeb-o-ymatebion_0.pdf

Llywodraeth Cymru (2023b). **Y Rhaglen Ôl-osod er mwyn Optimeiddio gwerth £9.5m** Adalwyd o: <https://www.gov.wales/optimised-retrofit-programme>

Llywodraeth Cymru (2023c). **Cynllun Nyth Cartrefi Cynnes: adroddiad blynyddol 2021 i 2022.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/cynllun-cartrefi-cynnes-adroddiad-blynyddol-cynllun-nyth-2021-2022>

Llywodraeth Cymru (2023d). **Safon Ansawdd Tai Cymru 2023.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/safon-ansawdd-tai-gymraeg-2023-0>

Llywodraeth Cymru (2023e). **Cynhyrchu Ynni yng Nghymru 2023.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/sites/default/files/publications/2023-11/cynhyrchu-ynni-yng-nghymru-2022.pdf>

Llywodraeth Cymru (2023f). **Datganiad Ysgrifenedig: Cyhoeddi Crynodeb o'r Ymatebion i'r Ymgynghoriad ar Dargedau Ynni Adnewyddadwy Cymru.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/datganiad-ysgrifenedig-crynodeb-ymatebion-ymgyngoriad-cymru-targedau-ynni-adnewyddadwy>

Llywodraeth Cymru (2023g). **Adeiladu tai newydd: Ebrill 2022 i Fawrth 2023.** Adalwyd o: <https://www.llyw.cymru/adeiladu-tai-newydd-april-2022-march-2023.html>

Nair, G., Verde, L., ac Olofsson, T. (2022). **A Review on Technical Challenges and Possibilities on Energy Efficient Retrofit Measures in Heritage Buildings.** Energies, 15(20).

National Housing Federation (2020). **The Future Homes Standard: NHF Consultation Response.** Adalwyd o: <https://www.housing.org.uk/globalassets/files/resource-files/nhf-fhs-consultation-response.pdf>

Notman, G., Coles-Riley, J., Tilley, H., and Price, J. (2023). **Sgiliau sero net: Mewnwelediadau a thystiolaeth o sectorau allyriadau yng Nghymru** Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru. Adalwyd o: <https://www.wcpp.org.uk/publication/net-zero-skills-insights-and-vidence-from-emissions-sectors-in-wales/>

Ofgem (2020). **Ofgem Consumer First Panel: Consumer attitudes towards decarbonisation and net zero.** Adalwyd o: <https://www.ofgem.gov.uk/publications/ofgem-consumer-first-panel-consumer-attitudes-towards-decarbonisation-and-net-zero>

Ofgem (2023). **Boiler Upgrade Scheme: Guidance for Property Owners.** Adalwyd o: <https://www.ofgem.gov.uk/publications/boiler-upgrade-scheme-guidance-property-owners>

Palmer, J., Poku-Awuah, A., Adams, A., and Webb, S. (2018). **Barriers to retrofit in social housing.** Llywodraeth y DU. Adalwyd o: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5c9210e640f0b633f71989cb/Barrier__to_Retrofit_in_Social_Housing.pdf

Parity Projects (2022). **Hard to Decarbonise Social Homes.** National Housing Federation and Local Government Association. Adalwyd o: <https://www.housing.org.uk/globalassets/files/climate-and-sustainability--energy-crisis/hard-to-decarbonise-homes-2022.pdf>

Park, T. et al. (2023). **How to build a net zero society: Using behavioural insights to decarbonise home energy, transport, food, and material consumption.** Adalwyd o: <https://www.bi.team/publications/how-to-build-a-net-zero-society/> Ymddiriedolaeth Passivhaus (2021). **Passivhaus Benefits.** Adalwyd o: https://www.passivhaustrust.org.uk/guidance_detail.php?gld=41

Passivhaus Trust (2021). **Passivhaus Benefits.** Adalwyd o: https://www.passivhaustrust.org.uk/guidance_detail.php?gld=41

Peacock, M.A., Fragaki, A., a Matuszewski, B.A. (2023). **The impact of heat electrification on the seasonal and interannual electricity demand of Great Britain.** Applied Energy, 337.

Penman, B. (2021). **The choice between demolition or reuse: developer insights.** UK GBC. Adalwyd o: <https://ukgbc.org/news/the-choice-between-demolition-or-reuse-developer-insights/>

Pomponi, F., a Moncaster, A. (2016). **Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment – what does the evidence say?** Journal of Environmental Management 181, pp.687-700

Price, J. (2023). **Heriau a chyfleoedd datgarboneiddio system ynni Cymru erbyn 2035.** Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru. Adalwyd o: <https://www.wcpp.org.uk/wp-content/uploads/2023/12/WCPPPO1.pdf>

Prime Minister's Office (2023). **PM speech on Net Zero: 20 September 2023.** Adalwyd o: <https://www.gov.uk/government/speeches/pm-speech-on-net-zero-20-september-2023>

Pwyllgor y DU ar y Newid yn yr Hinsawdd (2020a). **The Sixth Carbon Budget: Buildings.** Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2020/12/Sector-summary-Buildings.pdf>

Pwyllgor y DU ar y Newid yn yr Hinsawdd (2020b). **Adroddiad Cyngor: Y llwybr at Gymru Sero Net** Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2020/12/Advice-Report-The-path-to-a-Net-Zero-Wales.pdf>

Pwyllgor y DU ar y Newid yn yr Hinsawdd (2020c). **Letter: Future Homes Standard and proposals for tightening Part L in 2020.** Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/publication/letter-future-homes-standard-and-proposals-for-tightening-part-l-in-2020/>

Qureshi, Z. (2022). **Reaching Rural Properties: off-grid heating in the transition to net zero.** Localis. Adalwyd o: <https://www.localis.org.uk/research/reaching-rural-properties-off-grid-heating-time-crisis/>

Ramage, MH, Burrige, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, DU, Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-Tingley, D. ., Allwood, J., Dupree, P., Linden, PF, a Scherman, O. (2017). **The wood from the trees: The use of timber in construction.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68(1), pp.333-359.

Regan A., Gabnriel, M.A., Willaimson, C., Ashelford, R., a Price, E. (2023). **Nesta yn ymateb i ymchwiliad y Senedd ar ddatgarboneiddio cartrefi preifat yng Nghymru**. Adalwyd o: <https://www.nesta.org.uk/project/nesta-responds-to-senedd-inquiry-on-decarbonising-private-homes-in-wales/>

Regan, A., a Gorman, R. (2023). **Nesta yn ymateb i ymgynghoriad strategaeth gwres Llywodraeth Cymru**. Adalwyd o: <https://www.nesta.org.uk/project/nesta-responds-to-welsh-government-heat-strategy-consultation/>

Robinson, D., Tilley, H., Price, J., Lloyd, A. (2023). **Modelu ynni'r stoc dai: tuag at fodel i Gymru**. Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru. **Adalwyd o:** <https://www.wcpp.org.uk/cy/publication/housing-stock-energy-modelling-towards-a-model-for-wales/>

Rosenow, J. (2022). **Is heating homes with hydrogen all but a pipe dream? An Evidence Review**. *Joule* 6(10) tt. 2225-2228

Rosenow, J., a Hamels, S. (2023). **Where to meet on heat? A conceptual framework for optimising demand**. *Energy Research & Social Science*, 104.

Royal Academy of Engineering (2022). **The role of hydrogen in a net zero energy system**. Adalwyd o: <https://neps.raeng.org.uk/hydrogen>

Schwartz, Y., Raslan, R., a Mumovic, D. (2018). **The life cycle carbon footprint of refurbished and new buildings – A systematic review of case studies**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81.(1), pp 231-241.

Spear, M., Hill, C., Norton, A., a Price, C. (2019). **Wood Construction in the UK: An analysis of Carbon Abatement Potential**. UK CCC. Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2019/07/Wood-in-Construction-in-the-UK-An-Analysis-of-Carbon-Abatement-Potential-BioComposites - Canolfan.pdf>

Stewart, I a Bolton, P. (2023). **Households off the gas-grid and prices for alternative fuels**. Llyfrgell Tŷ'r Cyffredin. Adalwyd o <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-9838/CBP-9838.pdf>.

Strbac, G, Pudjianto, D., Sansom, R., Djapic, P., Armeli, H., Shah, N., Brandon, N., a Hawkes, A. (2018). **Analysis of Alternative UK Heat Decarbonisation Pathways**. UK CCC. Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/Imperial-College-2018-Analysis-of-Alternative-UK-Heat-Decarbonisation-Pathways.pdf>

Sustainable Energy Association (2020). **Oddi ar Off Grid, Off Carbon:y Grid, Oddi Ar Garbon: Regulating the decarbonisation of heat in homes off the gas grid.** Adalwyd o: <https://sustainableenergyassociation.com/publications/off-grid-off-carbon-regulating-the-decarbonisation-of-heat/>

Timber Development UK (2023). **Timber Construction: Barriers and Solutions.** Adalwyd o: <https://timberdevelopment.uk/resources/timber-construction-barriers-and-solutions/>

Town and Country Planning Association (2020). **Practical Guides for Creating Successful Communities.** Guide 12. **Modern Methods of Construction.** Adalwyd o: <https://www.tcpa.org.uk/resources/guide-12-modern-methods-of-construction/>

Town and Country Planning Association (2021). **Practical Guides for Creating Successful Communities.** Guide 14. **Building Climate-Resilient New Communities.** Adalwyd o: <https://www.tcpa.org.uk/resources/guide-14-building-climate-resilient-large-scale-new-communities/>

UK CCC (2023a). **Adroddiad Cynnydd: Lleihau allyriadau yng Nghymru.** Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2023/Progress-Report-Reducing-emissions-in-Wales.pdf>

UK CCC (2023b). **Addasu i newid hinsawdd: Cynnydd yng Nghymru.** Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2023/08/Adapting-to-Climate-Change-Progress-in-Wales.pdf>

UK Finance (2022). **Net Zero Homes: Time for a Reset.** Adalwyd o: <https://www.ukfinance.org.uk/system/files/2022-10/Net%20Zero%20Homes%20Report%202022.pdf>

UK GBC (2021). **New Homes Policy Playbook.** Adalwyd o: <https://ukgbc.org/resources/new-homes-policy-playbook/>

UK GBC (2022). **Delivering net zero: Key considerations for commercial retrofit.** Adalwyd o: <https://ukgbc.org/wp-content/uploads/2022/05/Commercial-Retrofit-Report.pdf>

UK National Infrastructure Commission (2023a). **The Second National Infrastructure Assessment.** Adalwyd o: <https://nic.org.uk/studies-reports/infrastructure-planning-system/>

Watkins, O., a Hochlaf D. (2021). **Skills for a green recovery: A Call to Action for the UK Construction Sector**. IPPR. Adalwyd o: <https://www.ippr.org/files/2021-02/skills-for-a-green-recovery-feb2021.pdf>

Williams, H., Lohmann, T., Foster, A.S., a Morrell, G. (2018). **Public acceptability of the use of hydrogen for heating and cooking in the home**. UK CCC. Adalwyd o: <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2018/11/Public-acceptability-of-hydrogen-in-the-home-Full-report.pdf>

Williams, J., a Vigurs, C. (2023). **Decarbonising home energy through behaviour change: How to overcome barriers to green purchase decisions**. International Public Policy Observatory. Adalwyd o: <https://theippo.co.uk/home-energy-behaviour-change-barriers-green-purchases-evidence-review/>

Willis, S. (2022). **Retrofit: is Fabric First Really the Best Strategy?** Sero. Adalwyd o: <https://sero.life/energy-advice-support/understanding-energy/retrofit-is-fabric-first-really-the-best-strategy/>

Woodknowledge Wales (2019). **Zero Carbon Homes: Actions to integrate our Welsh Forest Industries with Modern Methods of Construction**. Adalwyd o: <https://woodknowledge.wales/wp-content/uploads/zero-carbon-homes-from-wood-2019-English.pdf>

Woollard, M. (2023). **Opinion: why hydrogen is not the solution to decarbonising our homes**. Nesta. Adalwyd o: <https://www.nesta.org.uk/blog/opinion-why-hydrogen-is-not-the-solution-to-decarbonising-our-homes/>

World Economic Forum (2023). **Scaling Low-Carbon Design and Construction with Concrete: Enabling the Path to Net-Zero for Buildings and Infrastructure**. Adalwyd o: <https://www.weforum.org/publications/scaling-low-carbon-design-and-construction-with-concrete-enabling-the-path-to-net-zero-for-buildings-and-infrastructure/>

Y Swyddfa Ystadegau Gwladol, 2023. **Tai yng Nghymru a Lloegr. 2021 o gymharu â 2011**. Adalwyd o: <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/housing/bulletins/housingaffordabilityinenglandandwales/2023>

Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (2021a). **Safonau Isafswm Effeithlonrwydd Ynni y Sector Rhentu Preifat Annomestig: Gweithredu Targed EPC B yn y Dyfodol**. Adalwyd o:

<https://www.gov.uk/government/consultations/non-domestic-private-rented-sector-minimum-energy-efficiency-standards-epc-b-implementation>

Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (2021b). **Strategaeth gwres ac adeiladau.**

Adalwyd o: <https://www.gov.uk/government/publications/heat-and-buildings-strategy#full-publication-update-history>

Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (2021c). **Opportunity areas for district heating networks in the UK.** Adalwyd o:

<https://www.gov.uk/government/publications/opportunity-areas-for-district-heating-networks-in-the-uk-second-national-comprehensive-assessment>

Yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (2022). **Sub-national estimates of properties not connected to the gas network.** Adalwyd o:

<https://www.gov.uk/government/statistics/sub-national-estimates-of-households-not-connected-to-the-gas-network>

Zhang, M., Millar, MA, Yu, Z., ac Yu, J. (2022). **An assessment of the impacts of heat electrification on the electric grid in the UK.** Energy Reports, 8, pp.14934-14946.

Manylion yr Awduron

Mae **Greg Notman** yn Swyddog Ymchwil yng Nghanolfan Polisi Cyhoeddus Cymru.

Mae **Josh Coles-Riley** yn Gydymaith Ymchwil yng Nghanolfan Polisi Cyhoeddus Cymru.

Mae **Dr Helen Tilley** yn Uwch-gymrawd Ymchwil yng Nghanolfan Polisi Cyhoeddus Cymru.

I gael rhagor o wybodaeth, cysylltwch ag

Greg Notman

Canolfan Polisi Cyhoeddus Cymru

+44 (0) 29 2087 5345

info@wcpp.org.uk

OGL Mae'r adroddiad hwn wedi'i drwyddedu o dan delerau'r Drwydded Llywodraeth Agored