

# Creu ysgolion carbon sero-net sy'n addas ar gyfer cenedlaethau'r dyfodol



## Cyflwyniad

# Mae Rhaglen Ysgolion yr 21ain Ganrif yn fuddsoddiad strategol hirdymor mewn adeiladau ysgolion ledled Cymru.

Mae'n broiect unigryw ar y cyd rhwng Llywodraeth Cymru, Cymdeithas Llywodraeth Leol Cymru, awdurdodau lleol, colegau ac awdurdodau esgobaethol. Mae manylion pellach Rhaglen Ysgolion yr 21ain Ganrif ar gael ar wefanau Ysgolion yr 21ain Ganrif a Llywodraeth Cymru.

Lansiwyd y rhaglen gyda Band A a fu'n rhedeg rhwng mis Ebrill 2014 a mis Mawrth 2019. Yna lansiwyd Band B ym mis Ebrill 2019 ac mae disgwyl iddo redeg tan fis Mawrth 2024. Cyflwynodd y Cyngor raglen uchelgeisiol ar gyfer Band A a Band B y rhaglen. Buddsoddwyd £31m mewn adeiladau addysgol yn ystod Band A a disgwylir i £135m pellach gael ei fuddsoddi fel rhan o Fand B. Drwy gydol rhaglen Ysgolion yr 21ain Ganrif, mae'r Cyngor wedi ystyried atebion arloesol i sicrhau bod adeiladau ein hysgolion yn addas ar gyfer cenedlaethau'r dyfodol.



Fel rhan o Fand A, mabwysiadodd y Cyngor ddull wedi'i safoni o ddarparu adeiladau ysgolion cynradd newydd. Penododd y Cyngor gwmni adeiladu ISG Construction a'r Penseiri Stride Treglown i godi tair ysgol gynradd, gan ddefnyddio'r model Agilis. Ysgol Gymraeg Nant Talwg (Ysgol Gymraeg Bro Morgannwg erbyn hyn) oedd yr adeilad ysgol Agilis cyntaf a godwyd yng Nghymru, yn cynrychioli'r defnydd ymarferol cyntaf o ysgol enghreifftiol yn y wlad. Roedd Ysgol Nant Talwg yn brosiect arloesol a oedd yn gwneud y mwyaf o awyru naturiol, dylunio adeiladu darbodus ac amgylcheddau addysgu addasadwy sy'n barod at y dyfodol. Cyflwynwyd dau brosiect ysgol gynradd arall, Ysgol Gynradd Oak Field ac Ysgol Gymraeg Dewi Sant, hefyd gan ddefnyddio'r model hwn. Mae'r ysgolion cynradd hyn wedi parhau i berfformio'n dda o safbwynt amgylcheddol ac o safbwynt addysgu a dysgu.

Ar 29 Gorffennaf 2019, datganodd Cyngor Bro Morgannwg 'argyfwng hinsawdd' ac ymrwymodd i leihau ei allyriadau carbon i sero-net erbyn 2030, gan gefnogi'r broses o weithredu Cynllun Cyflawni Carbon-isel newydd Llywodraeth Cymru. Mae hyn hefyd yn cefnogi ymrwymiad Llywodraeth Cymru i'r targed o sicrhau sector cyhoeddus carbon sero-net yng Nghymru erbyn 2030.

Mae'r targed sero-net yn cydnabod y bydd rhai allyriadau ond bod angen gwrthbwysu'r rhain yn llawn, yn bennaf drwy ddulliau dal carbon naturiol fel cefnforoedd a choedwigoedd. Pan fydd swm yr allyriadau carbon a gynhyrchir yr un fath â'r swm sy'n cael ei ddileu, bydd y DU yn allyrrydd sero-net.

Mewn ymateb i'r argyfwng hinsawdd, lansiodd Tîm Ysgolion yr 21ain Ganrif brosiect i ystyried sut y gellid addasu arferion adeiladu i gefnogi'r targed sero-net fel rhan o Fand B Rhaglen Ysgolion yr 21ain Ganrif. Roedd ISG Ltd. wedi'u penodi i greu tair ysgol gynradd, gan adeiladu ar yr egwyddorion a ddatblygwyd ym model Agilis ledled y Fro.

Cynlluniwyd Ysgol Gynradd yr Eglwys yng Nghymru Dewi Sant i fod yn garbon isel (yn ystod oes yr ysgol) drwy ddefnyddio deunyddiau gwell, gwneud y mwyaf o olau'r haul a gosod paneli ffotofoltaig (PV) a'i unig ffynhonnell ynni yw trydan. Ystyriwyd y dewis o ddeunyddiau yn ofalus gan

sicrhau eu bod yn gwneud y mwyaf o'r ymagwedd 'deunydd yn gyntaf' a'u bod yn hawdd eu hadeiladu a'u cynnal. Mae'r amgylchedd mewnol yn cael ei ddatblygu i wneud y mwyaf o olau dydd naturiol ac awyr iach.

Datblygwyd y model hwn ymhellach i greu adeiladau ysgol carbon sero-net (yn ystod oes yr ysgol) ar gyfer Ysgol Gynradd Llancarfan. Er mwyn cyflawni hyn, diwygiwyd y model 'trydan i gyd' gydag ynni adnewyddadwy ychwanegol, storio batris a gosod pypiau gwres ffynhonnell aer. Adeilad Ysgol Gynradd Llancarfan fydd yr adeilad carbon sero-net cyntaf ymhlith ysgolion cynradd Cymru.

Er rhoi ystyriaeth ofalus i ddewis deunyddiau sy'n gwneud y mwyaf o'r ymagwedd 'deunydd yn gyntaf' (lle mae waliau, to, ffenestri a drysau thermol effeithlon yn lleihau colli ynni ac yn arbed ar yr ynni sydd ei angen i wresogi'r adeilad) ac sy'n hawdd eu hadeiladu a'u cynnal, roedd y Cyngor am fynd â'r brosiect ymhellach i fynd i'r afael â charbon ymgorfforedig. Ar hyn o bryd mae'r Cyngor yn gweithio gyda chynrychiolwyr o'r diwydiant adeiladu i ddatblygu cynllun ysgol y gellir ei addasu a'i ehangu yn ôl anghenion sy'n garbon sero-net (gweithredu) a chyda charbon ymgorfforedig isel. Drwy hyn, edrych ar y deunyddiau a'r carbon ymgorfforedig y mae'r rhain yn ei gynnwys ac elfennau fel cludiant i'r safle.

Mae'r brosiect hwn yn tynnu sylw at ymrwymiad Cyngor Bro Morgannwg i wthio ffiniau dylunio ysgolion i gefnogi'r targed carbon sero-net erbyn 2030, gan sicrhau bod ein hadeiladau ysgol newydd yn barod at y dyfodol.

## Esblygiad v Chwyldro



**Adeiladu ar brofiad y tîm o ddarparu model ysgol gynradd wedi'i optimeiddio yn hytrach na dechrau eto gyda Passivhaus llawn.**



**Mae'r ysgolion cynradd enghreifftiol a gyflwynwyd hyd yma yn sgorio'n uchel mewn gwerthusiad gan y defnyddwyr sydd wedi'u meddiannu maes o law.**



**Mae'r dyluniad presennol yn gweithio'n dda i athrawon a disgyblion.**



**Mae gwneud y gorau o'r hyn rydym eisoes yn ei wybod yn gweithio tuag at sicrhau carbon net-sero.**



**Dod o hyd i'r 'man melys' ar gyfer darpariaeth ddi-garbon sy'n dal yn ymarferol, y gellir ei adeiladu ac sy'n fforddiadwy.**

# Diffinio carbon sero-net

Ym mis Ebrill 2019, cyhoeddodd Cyngor Adeiladu Gwyrdd y DU 'Net-zero Carbon Buildings: A Framework Definition' sy'n rhoi eglurder i'r sector eiddo ac adeiladu ar y canlyniadau sydd eu hangen ar gyfer adeilad carbon sero-net.

**Carbon sero-net – adeiladu (1.1):** “Pan fo swm yr allyriadau carbon sy'n gysylltiedig â chynnyrch ac adeiladu adeilad hyd at ei gwblhau yn ymarferol yn sero neu'n negyddol, drwy ddefnyddio gwrthbwsau neu allforio net ynni adnewyddadwy ar y safle.”

**Carbon sero-net – ynni gweithredol (1.2):** “Pan fo swm yr allyriadau carbon sy'n gysylltiedig ag ynni gweithredol yr adeilad yn flynyddol yn sero neu'n negyddol. Mae adeilad carbon sero-net yn effeithlon iawn o ran ynni ac yn cael ei bweru o ffynonellau ynni adnewyddadwy ar y safle a/neu oddi ar y safle, gydag unrhyw garbon sy'n weddill yn cael ei wrthbwyso.”

**Cynigir trydydd dull o gael carbon sero-net – oes gyfan (1.3):** hefyd ar lefel uchel, ond bydd angen gwneud rhagor o waith i ddiffinio cwmpas a gofynion y dull hwn.

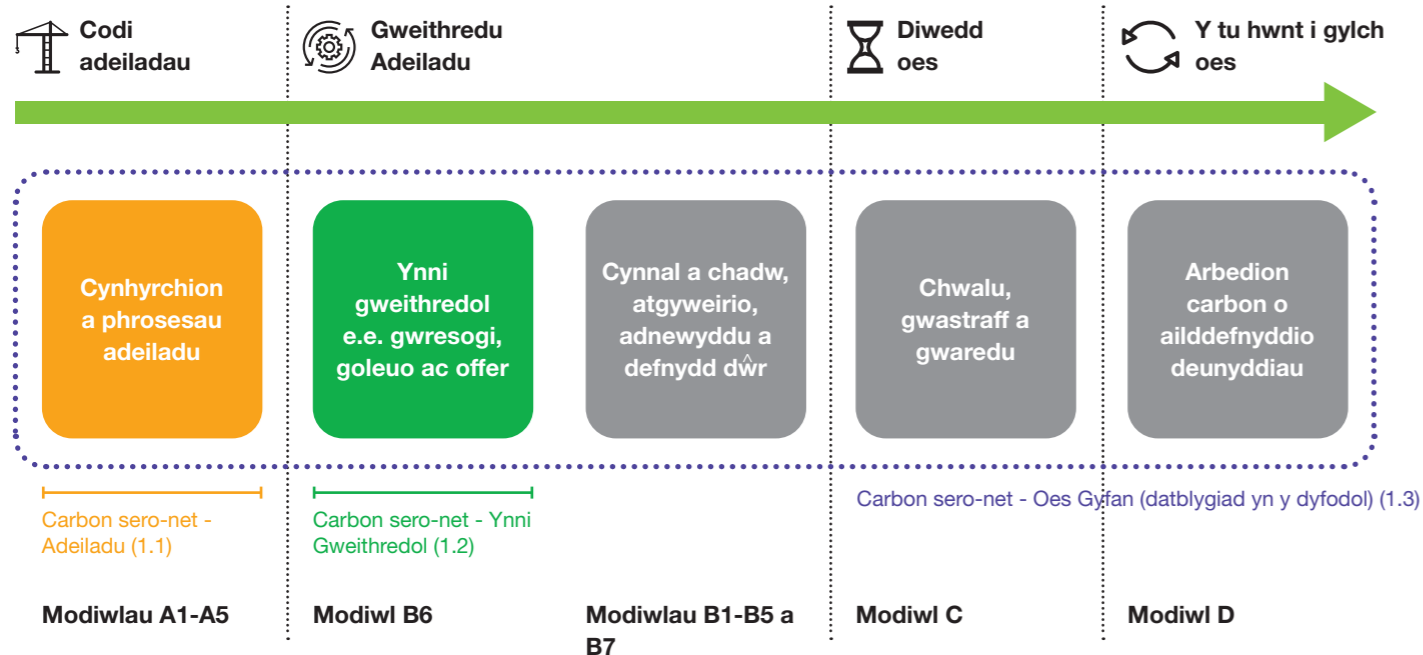
Mae gan Ganllaw Dylunio Argyfwng Hinsawdd LETI (y London Energy Transformation Initiative) ddiffiniad amgen ond tebyg y mae'n werth ei nodi:

Mae carbon oes gyfan yn cael ei ffurfio o ddwy elfen allweddol:

Carbon Gweithredol: nid yw adeilad newydd sydd â charbon gweithredol sero-net yn llosgi tanwydd ffosil, mae'n cael ei bweru gan ynni adnewyddadwy 100%, ac mae'n cyflawni lefel o berfformiad ynni yn ystod oes yr ysgol yn unol â'n targedau cenedlaethol ar gyfer newid yn yr hinsawdd.

Carbon Ymgorfforedig: Bwrir targedau Arfer Gorau ar gyfer carbon ymgorfforedig, a gwneir yr adeilad o ddeunyddiau a ail-ddefnyddiwyd ac y gellir eu datgysylltu ar ddiwedd eu hoes yn unol ag egwyddorion yr economi gylchol.

## Dadansoddiad o dri chwmpas carbon sero-net



Mae pob modiwl y cyfeiriwyd atynt o EN15978 Cynaliadwyedd gweithfeydd adeiladu - Asesu perfformiad amgylcheddol adeiladau - dull cyfrifo

## Ein taith

Mae'r prosiectau canlynol yn amlinellu'r daith y mae Cyngor Bro Morgannwg yn ei dilyn i ddarparu ysgolion carbon sero-net ar gyfer cenedlaethau'r dyfodol.



## Prosiectau enghreifftiol

# Y model cynradd “Agilis”

## Ysgol Gymraeg Nant Talwg, Y Barri

Datblygwyd y model “Agilis” ar y cyd gan ISG Construction a’r penseiri Stride Treglown. Y diben oedd cynllunio model cynradd y gellid ei ddarparu gyda mwy o effeithlonrwydd o ran cost ac amser nag opsiynau pwrpasol blaenorol.

Defnyddiwyd y model i ddylunio sawl ysgol gynradd o fewn Band B rhaglen Ysgolion yr 21ain Ganrif; Ysgol Gymraeg Nant Talwg (a elwir bellach yn gyfnod cynradd Ysgol Gymraeg Bro Morgannwg), Ysgol Gynradd Oak Field ac Ysgol Gymraeg Dewi Sant. Mae gan Nant Talwg a Dewi Sant le i 210 o ddisgyblion a 48 lle meithrin rhan-amser, mae gan Oak Field le i 420 o ddisgyblion a 96 o leoedd meithrin rhan-amser.

## Cost ynni flynyddol ar gyfartaledd

Defnydd, cost a CO2e (fesul m <sup>2</sup> ) ynni blynyddol ar gyfartaledd	Defnydd Ynni Blynyddol		Cost Ddangosol		Allyriadau Carbon		Cyfanswm CO2
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	£	£/m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub>
Trydan	54824	39.16	8223.6	5.87	12782	9.1	
Nwy	149482	107.03	3438.08	2.45	27485	19.7	40267

## Manylion y Prosiect

**Gwerth:** £2.774 miliwn – 2014 (Ch3 2020 £3.87m)

**Maint y prosiect:** 1400m<sup>2</sup>

**Cost fesul m<sup>2</sup>:** £1,981.52 (£2,762.24)

**Mesurau effeithlonrwydd ynni:** Elfennau ffotofoltäig,

mwyhau golau dydd naturiol, awyru echdynnu syml, gwres o dan y llawr (mae’n gweithredu ar dymheredd is na gwres traddodiadol)

**Contractwr:** ISG

**Ymgynghorydd Mecanyddol a Pheirianyddol (MaP):**

Hoare Lea

**Pensaer:** Stride Treglown



## Pwyntiau cadarnhaol i'w nodi

Mae'r model hwn yn cynnwys effeithlonrwydd dylunio, proses adeiladu darbodus, adeiladu cyflym a chost-effeithiolrwydd o gymharu ag opsiwn pwrpasol mwy traddodiadol. Mae'n cynnig hyblygrwydd drwy gael waliau mewnol y gellir eu tynnu a'r gallu i'r cleient addasu'r ymddangosiad allanol yn ogystal â lleoli rhai elfennau fel blociau toiled yn fewnol.

Roedd datblygu cynllun templed yn seiliedig ar wersi a ddysgwyd dros gyfnod o brosiectau eraill yn galluogi gwneud gwelliannau parhaus ar gynnyrch safonedig. Roedd mireinio'r broses ddylunio ac adeiladu dros nifer o brosiectau hefyd yn helpu i leihau gwastraff adeiladu ac amser adeiladu. Er enghraifft, un o'r diwygiadau dylunio oedd symleiddio proffil y to a oedd yn gwneud y gwaith adeiladu'n symlach ac yn symleiddio ymddangosiad yr adeilad.

## Sut y newidiodd o'r model blaenorol

- Dylunio syml ac adeiladu cadarn
- Dysgwyd gwersi helaeth ac adborth yn rhoi data meincnod
- Cwmpas sy'n perfformio'n dda (gwelliant o 40% ar werthoedd-u rheoli adeiladu gofynnol)
- Gwnaed yn ofyniad cytundebol i gynnig manteision i'r gymuned. Datblygodd y contractwyr a'r cleient fanteision cymunedol cadarn ac mae Recriwtio a Hyfforddiant wedi'i Dargedu yn bwriadu bwrw'r targedau hyn



## Prosiectau enghreifftiol

### Model carbon-isel (gweithredol)

#### Ysgol Gynradd yr Eglwys yng Nghymru Dewi Sant

Ochr yn ochr â'r prosiect i ymchwilio i ysgol carbon sero-net a'i datblygu yn y dyfodol, mae tîm Ysgolion yr 21ain Ganrif wedi ystyried a gweithredu mesurau i greu ysgolion defnydd carbon-isel a sero-net yn ystod eu hoes, o fewn ein prosiectau Band B presennol.

Edrychodd y prosiect cyntaf ar greu opsiwn carbon-isel lle nad yw'n bosibl cyflawni sero-net. Er mwyn cyflawni hyn, datblygwyd model trydan-gyfan ar gyfer Ysgol Gynradd yr Eglwys yng Nghymru Dewi Sant (YDS) Bydd gan yr adeilad newydd le ar gyfer 210 o ddisgyblion a 48 o leoedd meithrin rhan-amser.

Bydd carbon-isel (i sero-net) yn ystod oes yr ysgol yn cael ei gyflawni drwy ddefnyddio gwell adeiladwaith, gwneud y mwyaf o ynni'r haul a gosod paneli PV. Rhoddwyd ystyriaeth ofalus i ddewis deunyddiau sy'n iach, sydd ag egni ymgorfforedig is ac sy'n hawdd eu hadeiladu a'u cynnal. Mae'r amgylchedd mewnol yn cael ei ddatblygu i wneud y mwyaf o olau dydd naturiol ac awyr iach.

#### Cost ynni flynyddol ar gyfartaledd

Defnydd, cost a CO2e (fesul m²) ynni blynyddol ar gyfartaledd	Defnydd Ynni Blynyddol		Cost Ddangosol		Allryiadau Carbon		Cyfanswm CO2
	kWh	kWh/m2	£	£/m2	kgCO2	kgCO2/m2	kgCO2
Trydan	74246	48.75	£ 11,129.35	7.31	17310	11	17310

#### Manylion y Prosiect

**Gwerth:** £4.435 million - 2020

**Maint y prosiect:** 1,466m<sup>2</sup>

**Cost fesul m<sup>2</sup>:** £3,025.24

**Mesurau effeithlonrwydd ynni:** Elfennau ffotofoltäig (cynnydd o Agilis), ystafell offer gyda lle ar gyfer batris yn y dyfodol, gwneud y mwyaf o olau dydd naturiol, awyru echdynnu syml, gwres o dan y llawr, cwmpas adeiladu sy'n perfformio'n dda

**Contractwr:** ISG

**Ymgynghorydd MaP:** McCann & Partners

**Pensaer:** Stride Treglown



## Pwyntiau cadarnhaol i'w nodi

Mae'r model hwn yn cynnwys dyluniad mwy effeithlon yn seiliedig ar wersi a ddysgwyd o'r model Agilis. Mae'r dyluniad yn gwneud y mwyaf o baneli ffotofoltäig wedi'u gosod ar y to gyda lle i osod batris yn yr ystafell offer yn y dyfodol.

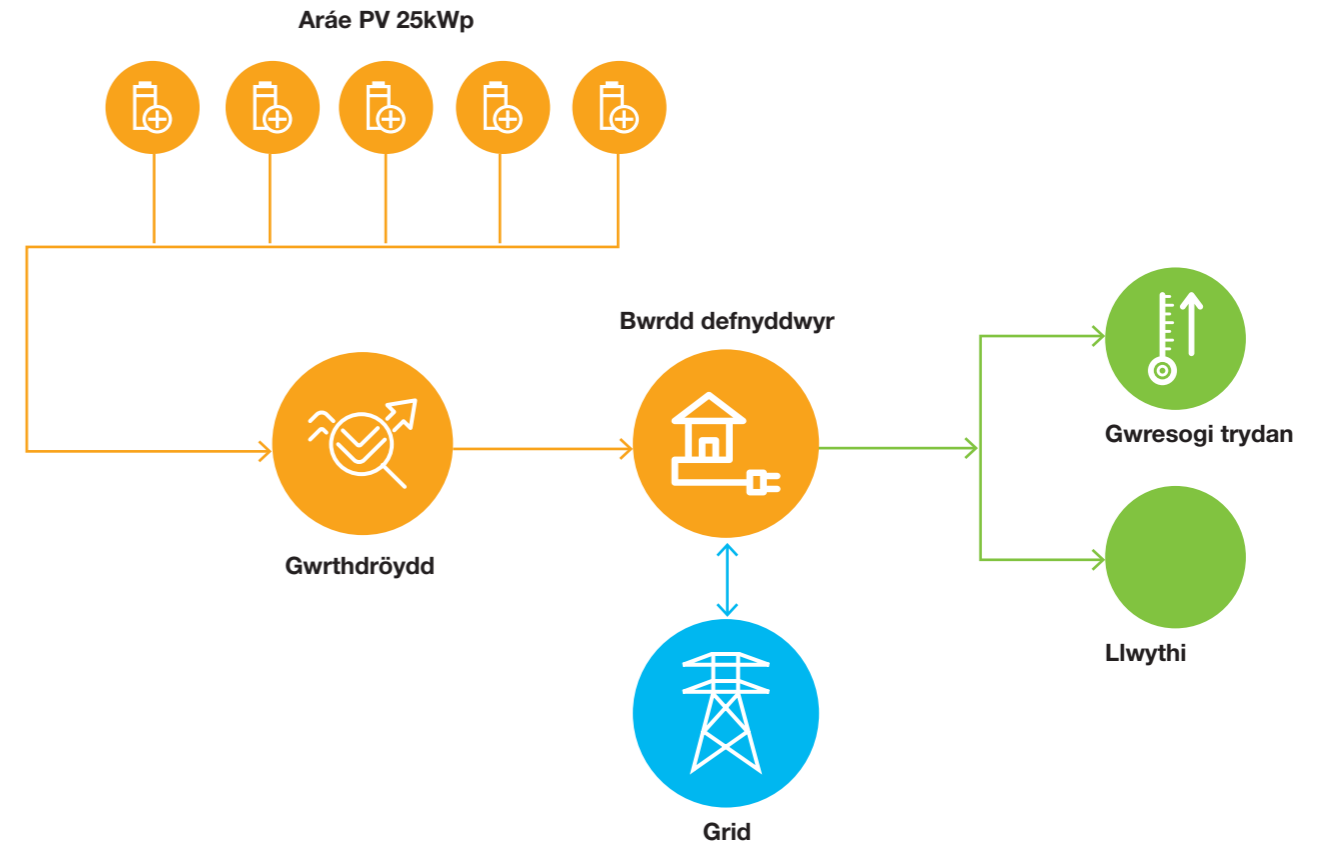
Penderfynwyd bod ateb oll-drydanol yn well na gosod boeleri nwy effeithlon gan ei bod yn haws datgarboneiddio ffynonellau trydan na nwy. Mae allyriadau CO2 nwy o'r prif gyflenwad wedi gostwng yn sydyn yn ystod y cyfnod pontio o lo i nwy naturiol, ond wrth i'r grid barhau i bontio tuag at gynhyrchu mwy o drydan o ynni'r haul a'r gwynt, mae'n debygol y bydd yr allyriadau CO2 o drydan yn is yn gyffredinol. Mae ateb trydan i gyd hefyd yn galluogi mwy o'r ynni a ddefnyddir gan yr ysgol i ddod yn uniongyrchol o ynni adnewyddadwy ar y safle.

Ar hyn o bryd nid yw YDS yn defnyddio nwy o'r prif gyflenwad. Mae'n defnyddio LPG ond mae'r defnydd yn yr ysgol yn gyffredinol yn is na'r ysgolion cynradd o faint tebyg ac felly gobeithir y bydd hyn yn helpu i drosglwyddo i fodel trydan i gyd.

## Sut y newidiodd o'r model blaenorol

- Mwy o PV a chapasiti ar gyfer technoleg effeithlonrwydd ynni yn y dyfodol
- Dysgwyd gwersi helaeth a chafwyd adborth yn rhoi data meincnod
- Deunydd adeiladu'n perfformio'n well

## Diagram Llinell Batri PV PGFA (Pwmp gwres ffynhonnell aer)





## Prosiectau enghreifftiol

# Model carbon sero-net (gweithredol)

## Ysgol Gynradd Llancarfan

Gan adeiladu ar yr ateb carbon-isel, trydan i gyd, datblygodd y tîm fodel carbon sero-net ar gyfer oes yr ysgol. Er mwyn cyflawni hyn, diwygiwyd y model trydan i gyd gydag ynni adnewyddadwy ychwanegol ar gyfer Ysgol Gynradd Llancarfan (YGLI). Bydd gan yr adeiladau newydd le ar gyfer 210 o ddisgyblion a 48 o leoedd meithrin rhan-amser.

Bydd carbon sero-net yn ystod oes yr ysgol yn cael ei gyflawni drwy ddefnyddio gwell deunyddiau adeiladu, gwneud y mwyaf o ynni'r haul, gosod paneli PV a phwmp gwres ffynhonnell aer. Fel gyda'r model carbon-isel, rhoddwyd ystyriaeth ofalus i ddewis deunyddiau sy'n iach, sydd ag egni ymgorfforedig is ac sy'n hawdd eu hadeiladu a'u cynnal. Mae'r amgylchedd mewnol yn cael ei ddatblygu i wneud y mwyaf o olau dydd naturiol ac awyr iach.

## Cost ynni flynyddol ar gyfartaledd

Defnydd, cost a CO2e (fesul m <sup>2</sup> ) ynni blynyddol ar gyfartaledd	Defnydd Ynni Blynyddol		Cost Ddangosol		Allyriadau Carbon		Cyfanswm CO2
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	£	£/m <sup>2</sup>	kgCO2	kgCO2/m <sup>2</sup>	kgCO2
Trydan	-10052	-6.6	4660	3.06	-2344	-1.5	-2344

## Manylion y Prosiect

**Gwerth:** £5.04 million 2020

**Maint y prosiect:** 1,466m<sup>2</sup>

**Cost fesul m<sup>2</sup>:** £3,437.93

**Mesurau effeithlonrwydd ynni:** Elfennau ffotofoltäig, ystafell offer gyda batris, pwmp gwres ffynhonnell aer, gwneud y mwyaf o olau dydd naturiol, awyru echdynnu syml, gwres o dan y llawr, cwmpas adeiladu sy'n perfformio'n dda

**Contractwr:** ISG

**Ymgynghorydd MaP:** McCann & Partners

**Pensaer:** Stride Treglown



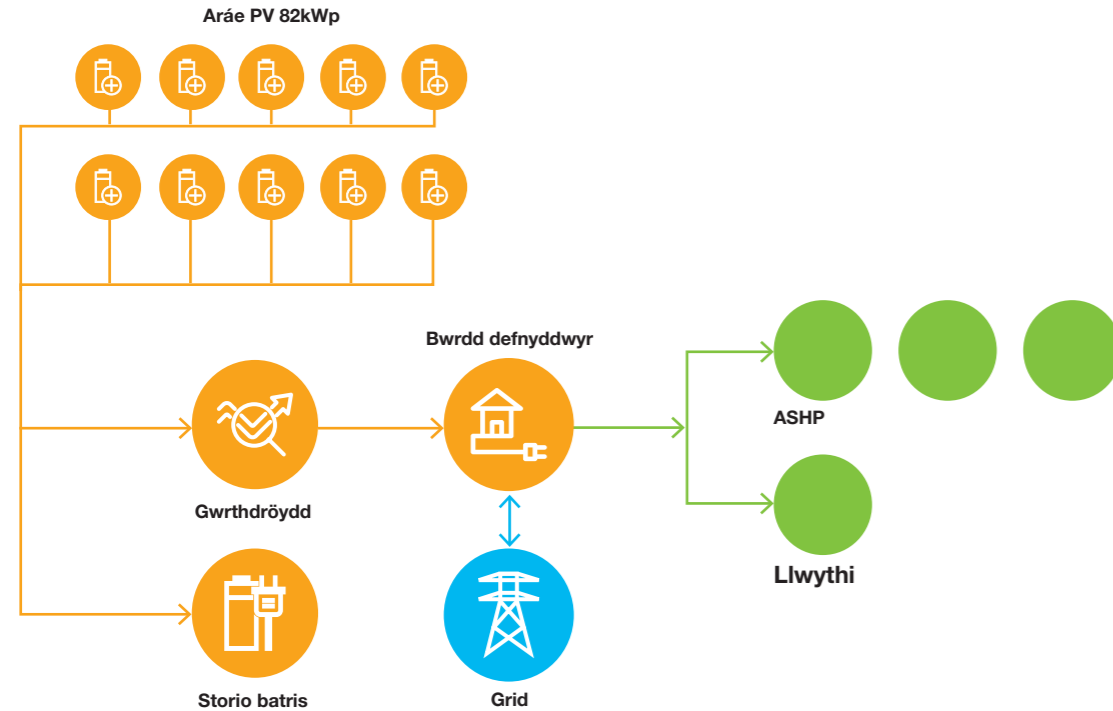
## Pwyntiau cadarnhaol i'w nodi

Mae'r dyluniad yn gwneud y mwyaf o baneli ffotofoltäig wedi'u gosod ar y to gyda lle i osod batris yn yr ystafell offer yn y dyfodol. Mae ychwanegu pwmp gwres ffynhonnell aer yn ddull effeithlon o fodloni'r angen am dŵr poeth a gwresogi.

## Sut y newidiodd o'r model blaenorol

- Mwy o ynni adnewyddadwy a thechnoleg effeithlonrwydd ynni (storio batris)

## Diagram Llinell Batri PV PGFA



## Ein hagwedd tuag at garbon gweithredol sero-net

Datblygwyd y cynllun ar sail canllawiau arfer gorau presennol y diwydiant ar gyfer sicrhau ynni gweithredol carbon sero-net gan gynnwys Cyngor Adeiladu Gwyrdd y DU a LETI.

Defnyddiwyd y Dangosyddion Perfformiad Allweddol a nodwyd gan LETI fel metrig allweddol y strategaeth ynni. Mae'r dangosyddion perfformiad allweddol yn cwmpasu pob eitem sy'n cyfrannu at ynni isel ac adeiladau carbon

sero-net fel deunyddiau adeiladu, mesurau effeithlonrwydd, gwres a dŵr poeth ac ynni adnewyddadwy. Defnyddiwyd y dangosyddion perfformiad allweddol i benderfynu pa fesurau y dylid eu mabwysiadu wrth ddylunio'r datblygiad er mwyn sicrhau carbon isel neu sero-net ac a ddylid cynnwys hyblygrwydd yn y dyfodol yn y dyluniad i alluogi'r adeilad i gyflawni carbon sero-net.

## Ynni gweithredol

Gweithredu'r mesurau dylunio dangosol canlynol:

### Gwerthoedd-U y deunyddiau (Cy/m<sup>2</sup>.K)

Waliau	0.13 - 0.15
Llawr	0.09 - 0.12
Ffenestri	0.10 - 0.12
To	1.0 (gwydr triphlyg)
Drysau	1.2

### Lefelau effeithlonrwydd y deunyddiau

Tyndra aer	<1 (m <sup>3</sup> /h. m <sup>2</sup> @50Pa)
Pontio thermol	0.04 (gwerth-y)
Gwerth-G y gwydr	0.5 - 0.4

### Lefelau effeithlonrwydd pŵer

Dwysedd pŵer goleuadau	4.5 (W/m <sup>2</sup> peak NIA)
Goleuadau y tu allan i oriau	0.5 (W/m <sup>2</sup> peak NIA)
Pŵer bach y tu allan i oriau	2 (W/m <sup>2</sup> peak NIA)

### Lefelau effeithlonrwydd systemau

MVHR	90% (effeithlonrwydd)
Pymplau gwres	>2.8
SFP AHU Canolog	1.5 - 1.2 W/l.s



Gwneud y mwyaf o ynni adnewyddadwy fel bod 70% o'r to wedi'i orchuddio

### Canllaw ar arwynebedd y ffenestri (% o arwynebedd y wal)

Gogledd	15-25%
Dwyrain	15-25%
De	15-25%
Gorllewin	15-25%



Cydbwysu golau dydd a gorboethi



Cynnwys cysgodi allanol



Cynnwys ffenestri y gellir eu hagogor a chroes awyru



Ffactor ffurf 1 - 3

Lleihau'r defnydd o ynni i:

**65**  
kWh/m<sup>2</sup> .yr

Dwysedd defnyddio ynni (DDY) yn yr arwynebedd mewnol gros (AMG), ac eithrio cyfraniad ynni adnewyddadwy

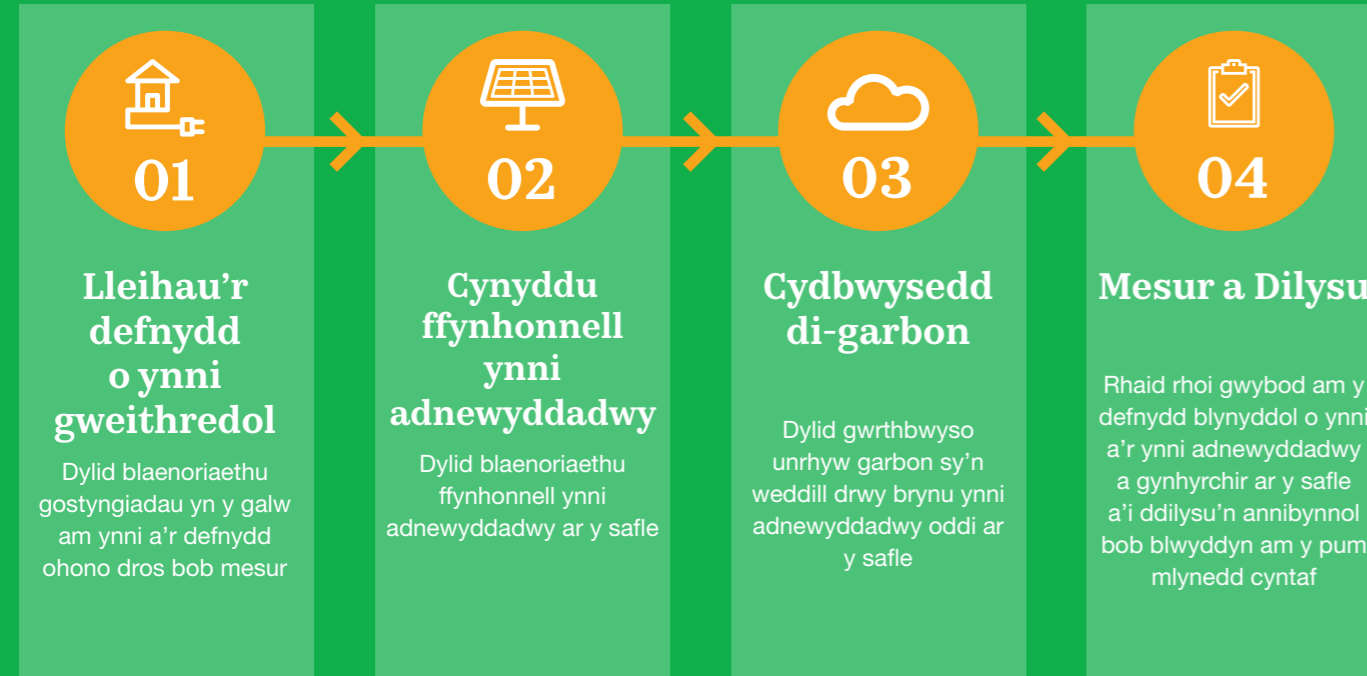
Lleihau'r galw am wresogi gofod i:

**15**  
kWh/m<sup>2</sup> .yr

# Dull o ymdrin â charbon (gweithredol) sero-net

## Camau tuag at sicrhau adeilad (gweithredol) carbon sero-net

Roedd y dull o sicrhau adeilad gweithredol carbon sero-net yn seiliedig ar y fframwaith a amlinellwyd yn nogfen Cyngor Adeiladu Gwyrdd y DG – Net-zero Carbon Buildings: A Framework Definition. Manylir isod ar gamau'r fframwaith a sut yr aethom ati i ymdrin â'r rhain yn Ysgol Gynradd Llancarfan.



## Yr Agwedd yn Ysgol Gynradd Llancarfan

- Gwella adeiladwaith yr adeilad
- Gwella offer arlwygo
- Gwella offer wedi'i blygio i mewn
- Gwresogi carbon-isel
- Gwneud y mwyaf o PV ar y to
- Dyhead Cyngor Bro Morgannwg ar gyfer adeiladu i gyflawni Ynni Gweithredol Carbon Sero-Net (YG CSN) ar y safle heb unrhyw ynni adnewyddadwy oddi ar y safle fel Cytundebau Prynu Pŵer (CPP).
- Gwerthuso perfformiad ynni gweithredol i ddilysu Carbon sero-net (CSN) a phennu dadansoddiad ynni ar gyfer gwerthuso yn y dyfodol

O'r ymarfer, penderfynwyd ar nifer o opsiynau gyda gwahanol gyfluniadau i gyflawni carbon sero-net. Roedd y rhain yn cynnwys defnyddio gwahanol opsiynau gwresogi carbon-isel ar y cyd â gwelliannau eraill megis deunyddiau adeiladu wedi'u gwella ymhellach, tyrbinau gwynt, mwy o PV ac araeau PV o bell megis ar ganopiâu dros fannau chwarae neu fannau parcio ceir.

Dadansodwyd yr opsiynau hyn o safbwynt cost a phenderfynwyd mai'r dull mwyaf effeithiol oedd defnyddio cyfuniad o PGFAu a gwneud y mwyaf o'r PV ar y to.

## Opsiynau YG CSN a gyflwynwyd i'w gwerthuso

	Opsiynau carbon-isel							Deunyddiau'r adeilad				
	PGFA	Pwmp Gwresogi Ffynhonnell o'r Ddaear (PGFD)	PV	PV - Wedi'u hintegreiddio yn y to neu wedi'u rhoi ar yr adeilad	Tynnu arâe PV (CPP)	Storio batris	Tyrbinau gwynt	Walliau	Llawr	Y To	Ffenestri	Athreiddedd aer
Opsiwn 1 - PGFA a PV wedi'u hintegreiddio yn y to	Y	N	88kWp	RI	N	88kWp	N	0.14	0.14	0.12	Cwarel 1.0 Ffrâm 1.6	3
Opsiwn 2 - PGFA a thyrbinau gwynt 6kW	Y	N	68kWp	BM	N	68kWp	6kW	0.14	0.14	0.12	Cwarel 1.0 Ffrâm 1.6	3
Opsiwn 4 - PGFD a PV wedi'u hintegreiddio yn y to	N	Y	88kWp	RI	N	88kWp	N	0.14	0.14	0.12	Cwarel 1.0 Ffrâm 1.6	3
Opsiwn 5 - PGFD a thyrbinau gwynt 6kW	N	Y	68kWp	BM	N	68kWp	6kW	0.14	0.14	0.12	Cwarel 1.0 Ffrâm 1.6	3
Opsiwn 6 - PGFD a deunydd Passivhaus	N	Y	68kWp	BM	N	68kWp	N	0.13	0.064	0.1	Cwarel 0.5 Ffrâm 0.8	0.3 ach
Opsiwn 7 - Arâe PV o bell	N	N	68kWp	BM	Y	68kWp	N	0.14	0.14	0.12	Cwarel 1.0 Ffrâm 1.6	3

## Dull o ymdrin â charbon sero-net (gweithredol)

Nodir isod y gwerthoedd-u a'r tyndra aer a ddewiswyd ar gyfer Ysgol Gynradd Llancarfan o'i gymharu ag Adeilad Tybiedig Cymru L2A 2014, yr adeilad y mae cydymffurfiaeth â Rheoliadau Adeiladu yn cael ei asesu yn ei erbyn ar hyn o bryd, a ffigurau mesur dylunio Dangosyddion Perfformiad Allweddol (DPA) LETI wrth gyflawni CSN. Targedwyd

### Gwerthoedd U

Elfen	L2A 2014 Cymru Tybiedig	Ysgol Gynradd Llancarfan (YG CSN)	LETI - CSN DPA
Waliau (W/m2K)	0.26	0.14	0.13-0.15
Llawr (W/m2K)	0.22	0.14	0.09-0.12
To (W/m2K)	0.18	0.12	0.10-0.12
Nenfydau/Iloriau wedi'u hamlygu (W/m2K)	0.22	-	0.09-0.12
Ffenestri (W/m2K)	1.60	1.33	1.00 (gwydr triphlyg)
Drysau (W/m2K)	1.5-2.2	1.5	1.2

gwelliannau i adeiladwaith yr adeilad yn seiliedig ar gost-ffeithiolrwydd gyda'r gwelliannau i'r waliau, y llawr a'r to y gorau posib, yn cyfateb i DPA LETI. Penderfynwyd nad oedd defnyddio gwydr triphlyg a thyndra aer gwell yn fesurau cost-ffeithiol i'w gweithredu ar hyn o bryd.

### Athreiddedd aer

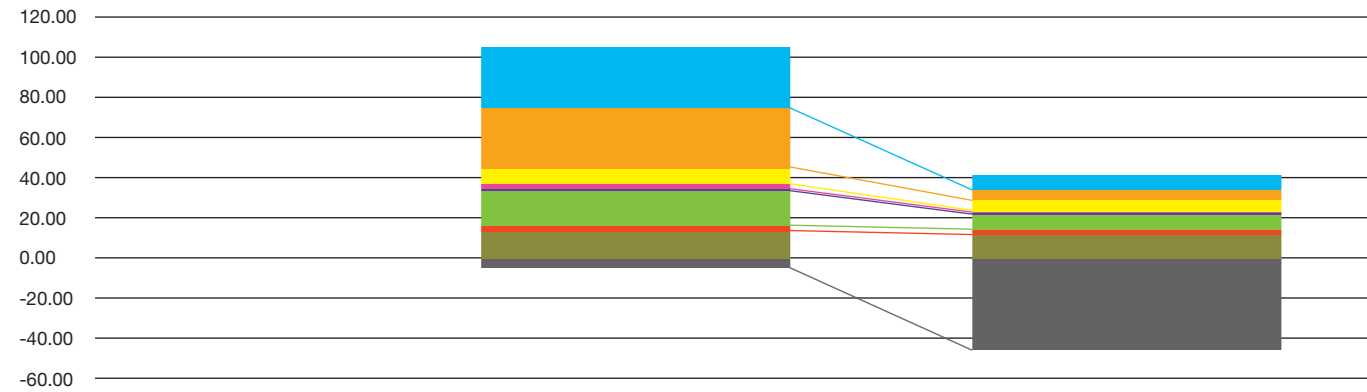
Elfen	L2A 2014 Cymru Tybiedig	Ysgol Gynradd Llancarfan (YG CSN)	LETI - CSN DPA
Tyndra aer (m3/h.m2@50Pa)	3	3	<1



# Asesiad ynni gweithredol

Cafodd yr adeilad arfaethedig ei fodelu dan fethodoleg CIBSE TM54 i bennu'r defnydd o ynni gweithredu a dangos carbon sero-net ar gyfer ynni gweithredol. Dangosir dadansoddiad o'r defnydd blynyddol o ynni gan ysgol gynradd arfaethedig Llancarfan o'i gymharu â phrosiect blaenorol oedd yn cydymffurfio â 'L2A 2014' yn y graffiau isod.

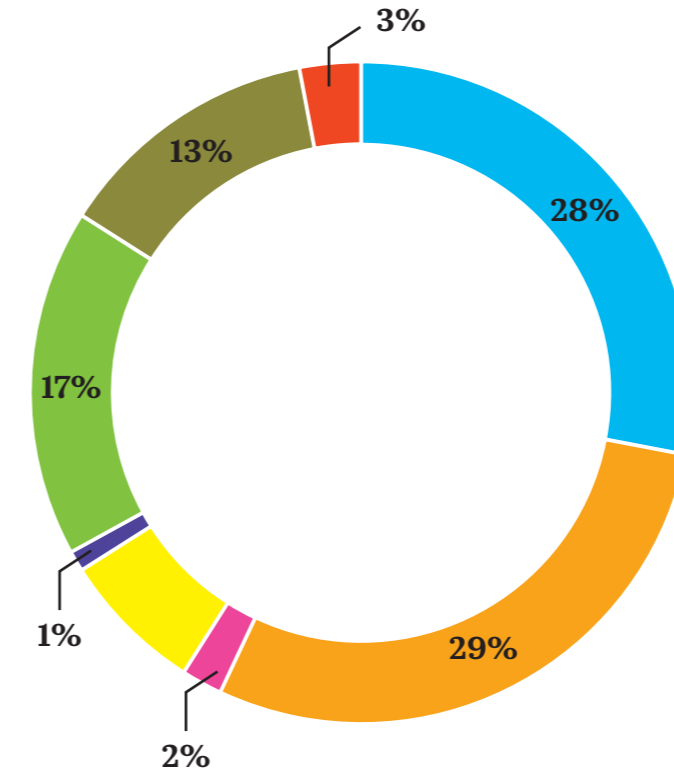
## Defnydd blynyddol kWh/m<sup>2</sup>



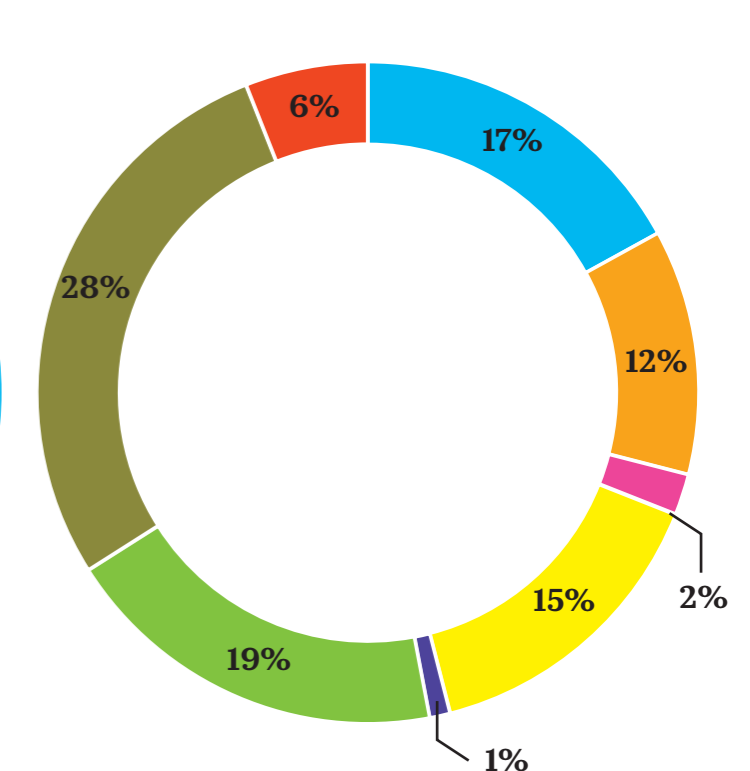
	L2A Cymru 2014 Ysgol Gynradd	Ysgol Gynradd Llancarfan
Gwresogi	30.3	7.1
Dŵr poeth (Tryd)	30.5	5.0
Goleuadau (Mewnol)	8.1	6.08
Ategolion	2.3	0.8
Goleuadau (allanol)	0.8	0.4
Offer	17.8	7.7
Gweinydd	2.90	2.3
Arlwyo	14.0	11.2
Panelli ffotofoltäig	-5.20	-47.2
<b>Cyfanswm</b>	<b>101.5 kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>-6.6 kWh/m<sup>2</sup></b>

Gyda'r defnydd o PGFAau a deunyddiau adeiladu gwell, mae'r defnydd blynyddol o wres a dŵr poeth wedi lleihau'n sylweddol. Mae hyn wedi golygu bod y defnydd o ynni gan yr ysgol yn cael ei ddylanwadu'n fwy gan y defnydd o offer ac arlwyio er enghraifft. Bydd y defnydd o ynni a ddefnyddir gan yr ysgol yn ystod ei hoes yn cael ei fonitro'n ofalus er mwyn sicrhau yr ymchwilir i unrhyw ardaloedd sy'n defnyddio mwy o ynni na'r hyn a gyfrifwyd, er mwyn sicrhau eu bod yn gweithredu'n gywir.

## L2A Cymru 2014 Ysgol Gynradd



## Ysgol Gynradd Llancarfan

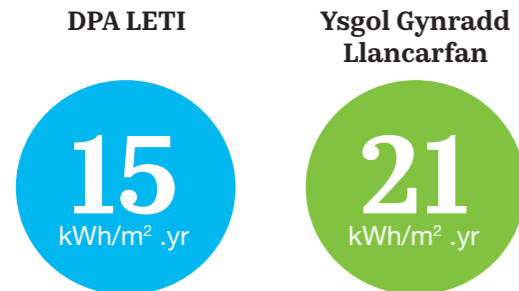


Cymharwyd y perfformiad ynni gweithredol a gyfrifwyd yn erbyn y DPA LETI ar gyfer gwresogi gofod a defnyddio ynni. Canfuwyd bod y galw am wresogi gofod yn uwch oherwydd y gwahaniaethau o ran gwella deunyddiau adeiladu o'i gymharu â DPA LETI lle gwelwyd nad oedd ffenestri triphlyg a thyndra aer uwch yn gost-ffeithiol eto.

Fodd bynnag, canfuwyd bod y defnydd cyffredinol o ynni yn is oherwydd y defnydd o wres carbon-isel a dŵr poeth drwy bympiau gwres gyda SCOP cyfartalog o 3.5, gan roi 3.5 uned o wres ar gyfer pob uned o drydan, a gwelliannau cyffredinol mewn mannau eraill fel goleuadau, cyfarpar effeithlon o ran ynni a gwell offer arlwyyo.

## Cymharu â DPA LETI

### Galw am wresogi gofod

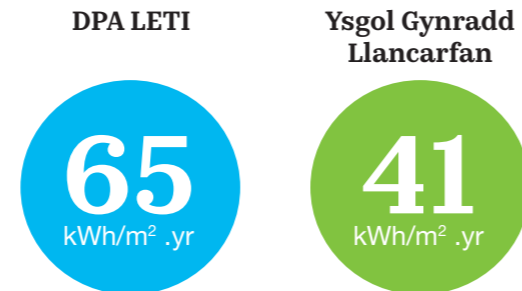


Y galw am wresogi gofod yw mesur o berfformiad thermol cyffredinol yr adeiladau gan gynnwys tyndra aer

Dylid nodi bod DPA LETI yn berthnasol i bob math o ysgol. Bydd yn llawer anoddach bodloni'r ffigurau hyn mewn ysgol gyfun sydd â mwy o offer wedi'u cysylltu â'r cyflenwad trydan, a mwy o offer gweinydd. Mae gan ysgol gynradd ddarpariaeth symlach sy'n arwain at ddefnydd llai o ynni gan offer i wrthbwysu hyn.

Bydd caffael offer a rheoli ynni parhaus gan yr ysgol yn chwarae rhan fawr yn y gwaith o gyflawni'r dilystrwydd 5 mlynedd o fod yn sero-net o ran ynni gweithredol.

### Y defnydd o ynni



DDY ac eithrio cyfraniad ynni adnewyddadwy. Mae DDY yn cynnwys yr holl ddefnydd o ynni yn yr adeilad (wedi'i reoleiddio a heb ei reoleiddio) gan gynnwys gwres, dŵr poeth, ffaniau a phympiau, offer wedi'u cysylltu, goleuadau, gweinydd a defnydd o ynni arlwyyo

## Carbon sero-net (gweithredol) ac ymgorfforedig isel

Mae tîm y prosiect wedi dewis anelu at garbon sero-net (gweithredol) ac ymgorfforedig isel. Ceir rhagor o fanylion am y dull a'r targedau yn yr adran fethodoleg isod.

Rhywbeth arall i gadw mewn cof yw'r ffaith nad yw modelu'r carbon ymgorfforedig yn cynnwys elfennau mecanyddol, trydanol a phlymio (MTP) na dodrefn, gosodiadau ac offer (DGO) ar hyn o bryd ond y bydd hyn yn cael ei ystyried wrth i'r dyluniad fynd yn ei flaen. Cafodd y gwaith modelu ei wneud gyda'r wybodaeth sydd ar gael am y prosiect hyd yma. At hynny, bydd gwaith modelu manylach yn cael ei wneud pan fydd gwybodaeth ar gael.

Ar hyn o bryd, ychydig o ddata sydd ar gael ar garbon ymgorfforedig gwasanaethau adeiladau o'i gymharu ag elfennau adeiladu eraill. Er mwyn meithrin gwell dealltwriaeth o brosiectau ac ar y diwydiant yn ei gyfanrwydd, bydd y prosiect yn gofyn am Ddatganiadau Cynnyrch Amgylcheddol (DCAau) gan gyflenwyr ac yn cymharu'r data PCB (Potensial Cynhesu Byd-eang) a ddylai fod ar gael ynddo. Bydd hyn yn helpu i wneud dewisiadau gwybodus wrth bennu offer.

Mae trafodaeth wedi dechrau ynghylch gorffeniadau mewnol yr adeilad a'r effaith y mae cynnal a chadw yn ei gael ar y ffigurau carbon ymgorfforedig cyffredinol. Gall carbon ymgorfforedig gwaith cynnal a chadw fod yn sylweddol ar draws y cylch oes cyfan.

Mae gorffeniadau'r adeilad hefyd yn rhannau y mae pobl yn cysylltu fwyaf â nhw, ac felly mae ystyried sut y gall dulliau carbon ymgorfforedig isel wella profiad lles y gofod yn bwysig a byddant yn cael eu trafod ymhellach wrth i'r dyluniad fynd yn ei flaen.

## Prosiectau enghreifftiol

# Carbon sero-net (gweithredol) ac ymgorfforedig isel

## Manylion y prosiect

**Maint y prosiect:** 247m<sup>2</sup>

**Mesurau effeithlonrwydd ynni:** Elfennau ffotofoltäig,

ystafell offer gyda batris, pwmp gwres ffynhonnell aer, gwneud y mwyaf o olau dydd naturiol, awyru echdynnu gwres mecanyddol, gwres o dan y llawr, cwmpas adeiladu sy'n perfformio ar ei orau

**Contractwr:** ISG

**Ymgynghorydd MaPh:** Hydrock

**Pensaer:** HLM

Datblygodd y prif brosiect fodel garbon sero-net (gweithredol) ac ymgorfforedig isel. Defnyddiwyd opsiwn meithrinfa gyda 48 lle rhan-amser i archwilio'r model CSN ond gyda hyblygrwydd i gymharu â modelau cynradd blaenorol ac y gellid graddio hynny i fodloni'r holl anghenion addysgol.

Mae'r model CSN hwn yn adeiladu ar fodelau gydol-oes CSN gyda pharmedrau ychwanegol ac ymchwil i garbon ymgorfforedig deunyddiau a thargedau llymach fyth ar gyfer perfformiad ynni (gweler isod). Nodir y cwmpas llawn yn yr adran fethodoleg a dulliau uchod.

- Mae'r prosiect wedi gosod y paramedrau canlynol ar gyfer deunyddiau adeiladu (yn seiliedig ar ganllaw LETI):
  - a) Gwerth-U Waliau = 0.12
  - b) Gwerth-U y to = 0.12
  - c) Gwerth-U y llawr = 0.12
  - d) Gwydro = Gwerth-U 1.00 a Gwerth G 0.4
  - e) Athreiddedd Aer = 1.0 (m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) @ 50Pa)

- Gosododd y prosiect darged carbon ymgorfforedig o <600kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> (yn seiliedig ar ganllaw LETI).
- Amcangyfrifir mai'r PV sydd ei angen yw tua 13.1kWp (yn seiliedig ar fodelu cychwynnol meithrin).

## Pwyntiau cadarnhaol i'w nodi

Mae'r model terfynol hwn yn adeiladu ar yr holl arferion da o fodelau blaenorol. Mae'r dyluniad yn effeithlon, yn ymarferol ac yn raddadwy. Yn gyffredinol, bydd yn amgylchedd cynaliadwy iawn i ddysgu ynddo ac i ddysgu ohono. Er mwyn cyflawni perfformiad adeiladu o'r radd flaenaf, bydd system adfer gwres awyru mecanyddol (AGAM) yn cael ei gosod. Bydd hyn yn sicrhau bod aer ffres bob amser yn cael ei gylchredeg tra'n cynnal cwmpas adeiladu tynn. Mae cost rhedeg y system yn cael ei thalu'n ôl drwy arbedion ynni.

Bydd y Carbon Ymgorfforedig (CY) yn isel iawn o'i gymharu â'r model safonol drwy ddefnyddio cynhyrchion pren yn bennaf ar gyfer y ffrâm ac elfennau mewnol. Dylid nodi bod pren CY yn amrywio'n sylweddol yn dibynnu ar y dulliau echdynnu a gweithgynhyrchu, trafniadaeth, ac i ryw raddau y rhywogaethau coed. Mae rhai systemau CY yn cynnwys carbon a atafaelwyd yn ystod oes y goeden sy'n golygu y gall pren fod yn garbon net positif (h.y. mae'n cael gwared ar fwy o garbon o'r atmosffer yn ystod ei oes nag a ryddheir wrth brosesu). Yn ogystal, un o fanteision defnyddio pren fel cynnyrch o ran CY yw bod y carbon a atafaelir gan y goeden drwy ei hoes wedi'i gloi dros dro yn yr adeilad yn hytrach na chael ei ryddhau pe bai'r goeden yn pydru yn y fan a'r lle.

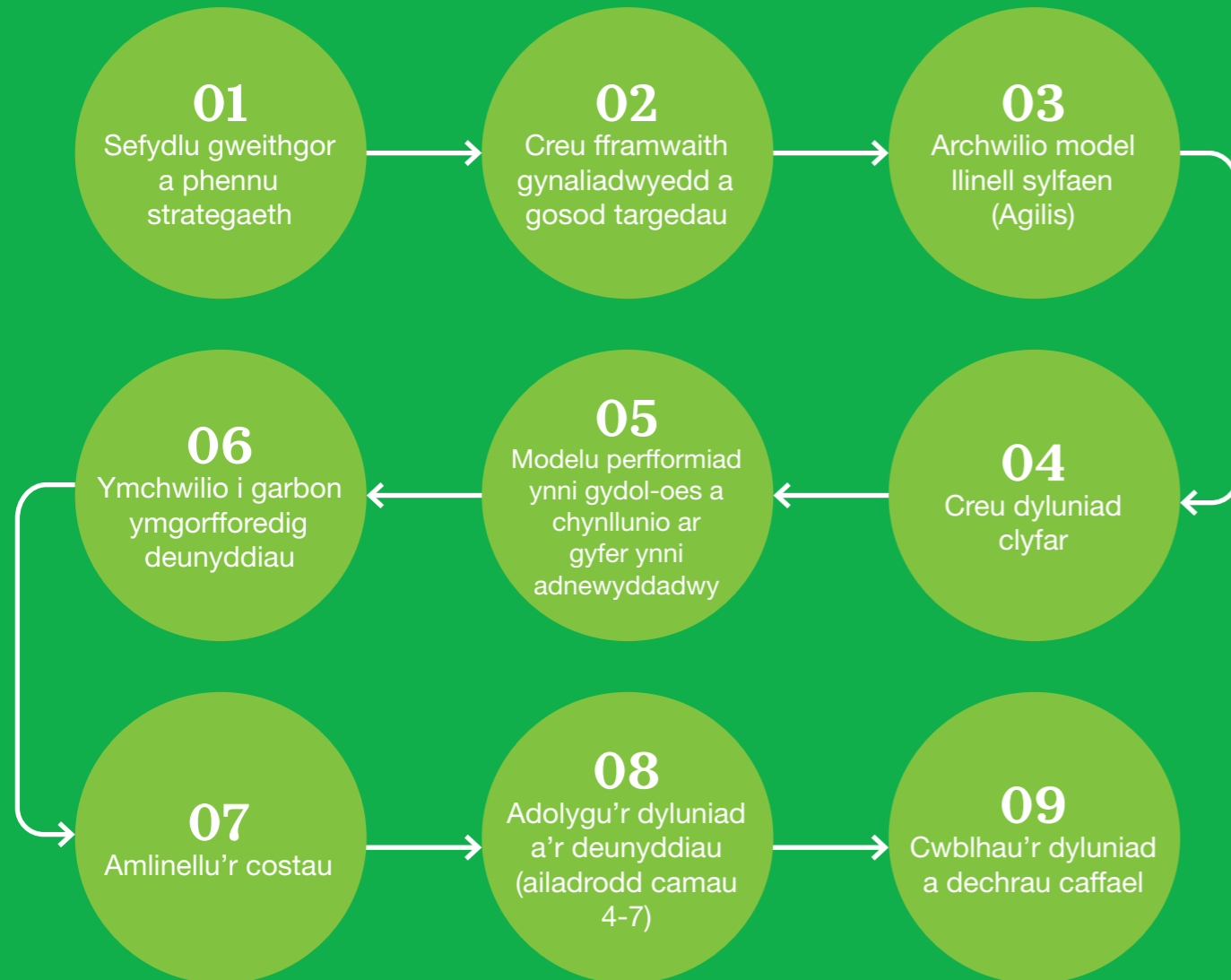
## Sut y newidiodd o'r model blaenorol

- Mwy o ynni adnewyddadwy a thechnoleg effeithlonrwydd ynni
- CY is a bwriad i ddileu unrhyw CY sy'n weddill
- Cwmpas adeiladu sy'n perfformio ar ei orau



## Methodoleg a dulliau

### Y broses



## 01 Sefydlu gweithgor a phennu strategaeth

Ffurfiwyd gweithgor, gan ddod ag arbenigwyr o wahanol agweddau ar adeiladu at ei gilydd; gan gynnwys cleientiaid, penseiri, peirianwyr, syrfewyr meintiau, a chynaliadwyedd. Gosododd y grŵp baramedrau ar gyfer y prosiect.



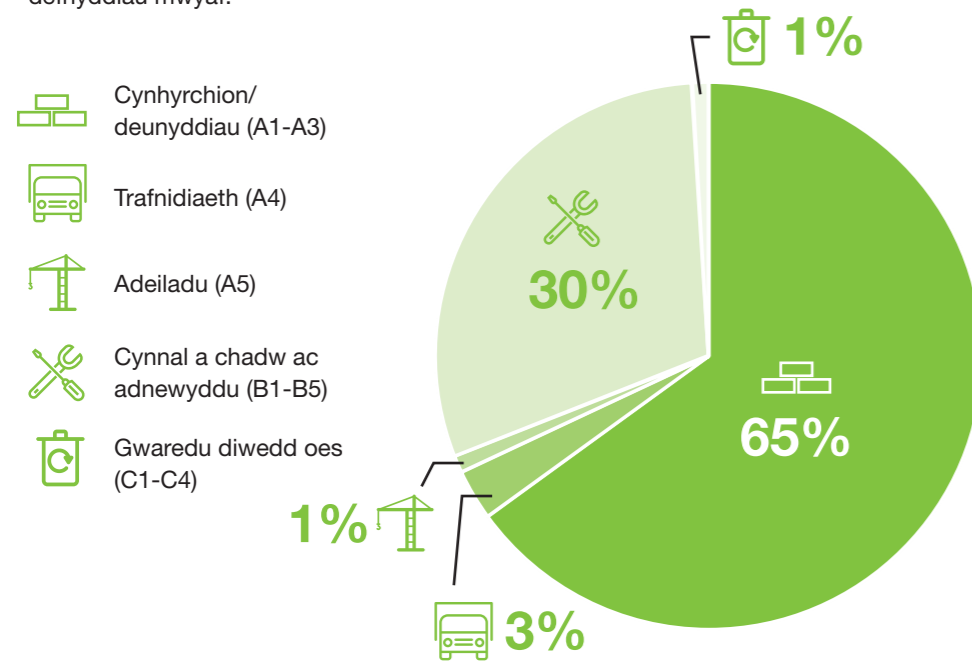


## 02 Creu fframwaith cynaliadwyedd a gosod targedau

Nid carbon yw'r unig sbardun a datblygodd cynrychiolwyr cynaliadwyedd o ISG Construction "Fframwaith Cynaliadwyedd" i gynorthwyo'r gweithgor. Roedd y fframwaith hwn yn cynnwys methodolegau ar gyfer niwtraliaeth carbon, deunyddiau, gwastraff, iechyd a lles, effeithlonrwydd dŵr, ecoleg, gwerth cymdeithasol a pherfformiad gydol-oes. I ategu'r fframwaith hwn ac i helpu i osod targedau ar gyfer effeithlonrwydd ynni a charbon ymgorfforedig, defnyddiodd y prosiect hefyd "Ganllaw Dylunio Argyfwng Hinsawdd LETI" (amlygir manylion pellach am dargedau penodol yn adran y prosiect isod).

### Carbon ymgorfforedig

Canolbwyntio ar leihau carbon ymgorfforedig ar gyfer y defnyddiau mwyaf:



### Rhanniad cyfartalog y carbon ymgorfforedig fesul elfen adeiladu:

- 30% Uwchstrwythur
- 21% Gorffeniadau mewnol
- 16% Is-strwythur
- 16% Ffasâd
- 13% MTP

Lleihau carbon ymgorfforedig 40% neu i:

**<600**  
KgCo<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Ardal yn yr AMG

## 03 Archwilio model llinell sylfaen (Agilis)

Defnyddiwyd y model sylfaenol "Agilis" i osod llinell sylfaen i effeithiau a nodi meysydd i'w gwella.

## 04 Creu dyluniad clyfar

Defnyddiwyd y model ysgol CSN fel y llinell sylfaen carbon weithredol. Defnyddiodd y dyluniad argymhellion y Bwletin Adeiladu ar gyfer maint yr ystafelloedd dosbarth a'r cyfleusterau.



## 05 Modelu perfformiad ynni gydol-oes a chynllunio ar gyfer ynni adnewyddadwy

Datblygwyd perfformiad ynni posibl y dyluniad carbon sero-net yn erbyn modelau Rhan L cydymffurfiol a BREEAM Ardderchog (mae'r olaf yn cyfateb i fodel "Agilis"). Gosodwyd targed ar gyfer y model CSN bod yn 'rhaid iddo gynhyrchu allyriadau CO2 gweithredol net o lai na 0 kg.CO2 y flwyddyn neu'n hafal iddo'. Er mwyn cyflawni hyn, asesodd y tîm dylunio'r cyfeiriadedd adeiladu gorau posibl gan ddefnyddio meddalwedd IES Virtual Environment 2019. Defnyddiodd

y tîm egwyddorion dylunio goddefol i wneud y gorau o adeiladwaith yr adeilad, yna ystyriwyd technolegau ynni effeithlon ac opsiynau ar gyfer technolegau adnewyddadwy. Mae'r modelu'n profi bod modd cyflawni'r targed CSN. (Mae'r canlyniadau i'w gweld isod.) Profodd y tîm hefyd y model adeiladu yn erbyn senarios newid yn yr hinsawdd i ragweld a lleihau'r risg o orboethi yn y dyfodol.

Math o efelychiad	Gwerth U y Waliau (W/(m2. K)	Gwerth U y To (W/(m2. K)	Gwerth U y Llawr (W/(m2. K)	Gwerth U y Gwydr a'r drysau (W/(m2. K)	Gwerth G y Gwydr	Athreiddedd aer (m³/(h.m2)@50Pa)
Cydymffurfio â Part L	0.25	0.20	0.20	1.60	0.40	5.0
Cydymffurfio â BREEAM Ardderchog	0.18	0.16	0.16	1.40	0.40	4.0
Model di-garbon	0.12	0.12	0.12	1.00	0.40	1.0

Rhestrir tybiaethau'r gwasanaethau adeiladau ar gyfer yr asesiad isod

Math o efelychiad	Gwresogi gofod	Awyru	Dŵr poeth domestig
Cydymffurfio â Part L	Boeleri nwy wedi'u gosod gyda rheiddiaduron wedi'u gosod ar y wal	Awyru naturiol a ddarperir gan ffenestri y gellir eu hagor	Boeleri nwy gyda chaloreiddiwr
Cydymffurfio â BREEAM Ardderchog	Boeleri nwy wedi'u gosod gyda rheiddiaduron wedi'u gosod ar y wal	Awyru naturiol a ddarperir gan ffenestri y gellir eu hagor	Boeleri nwy gyda chaloreiddiwr
Model di-garbon	Pympiau gwres ffynhonnell aer gyda gwres o dan llawr	Awyru mecanyddol gydag adferiad gwres	Dŵr cynnes ar unwaith o wresogyddion o bwyntiau trydan

Rhestrir tybiaethau'r gwasanaethau adeiladau ar gyfer yr asesiad isod

Math o efelychiad	Technoleg adnewyddadwy	Gogwydd	Ar oledd o'r llorweddol (°)	Graddfa aráe (kWp)	W fesul panel (1m x 1.6m)	Nifer y paneli PV (m2)*	Amcangyfrif o'r allbwn (kWh / blwyddyn)
Cydymffurfio â Part L	Paneli ffotofoltäig (PV)	De	20°	1.9	300	10	1,716
Cydymffurfio â BREEAM Ardderchog	Paneli ffotofoltäig (PV)	De	20°	0.9	300	5	858
Model di-garbon	Paneli ffotofoltäig (PV)	De	20°	13.1	300	70	12,009

\* Nodyn: Amcangyfrif yw'r panel PV ac fe'i dangosir at ddibenion cyd-destun yn unig. Dylid defnyddio graddfa aráe kWp.

### Canlyniadau Model Efelychiad Dynamig (MED)

Math o efelychiad	Cyfanswm y defnydd o ynni (kWh / blwyddyn)	Cyfanswm yr egni a gynhyrchir(kWh / blwyddyn)	Ynni gweithredol net(kWh / blwyddyn)	Ffactor carbon trydan o'r prif gyflenwad Llyw. DU 2019	CO2 Net (kg. CO2)
Model di-garbon	13,229.1	14,413.2	-1184.1	0.2773	-328.35

## 06 Ymchwilio i garbon ymgorfforedig deunyddiau

Crëwyd pedwar senario o ran deunyddiau. Cafodd pob un ei fodelu ar gyfer carbon ymgorfforedig gan ddefnyddio’r feddalwedd One Click. Nid oedd gan rai deunyddiau opsiynau lleol ar gael ar gyfer y feddalwedd ac felly defnyddiwyd dull oedd yn cyd-fynd orau. Cafodd hyn effaith ar ganlyniadau, ond defnyddiwyd data CY ehangach fel gwiriad synnwyr; gan gynnwys cronfa ddata Sefydliad y Peirianwyr Sifil (Prifysgol Caerfaddon). Adolygwyd senarios y deunyddiau ar sail y canlyniadau a ffactorau ehangach fel argaeledd lleol, gwydnwch a gwaredu diwedd oes.

#### 1. Model Agilis (Safonol / Llinell Sylfaen)

Y To	Gwythïen sefydlog
Strwythur	Ffrâm ddur
Allanol	Arwyneb frics neu gladin metel*
Mewnol	Gwaith Bloc Concrid
Inswleiddiad	Rockwool
Ffenestri a drysau	Alwminiwm

\*cladin a ddangosir ar luniad HLM ar gyfer y feithrinfa (mae gan ysgolion cynradd frics)

#### 2. Ffocws Cymreig

Y To	Teils llechi
Strwythur	Ffrâm ddur*
Allanol	Ffasâd frics
Mewnol	Gwaith Bloc Concrid
Inswleiddiad	Gwlân defaid
Ffenestri a drysau	Pren

#### 3. Ffocws Pren

Y To	Pantile clai
Strwythur	Ffrâm bren
Allanol	Cladin pren*
Mewnol	Casét Pren
Inswleiddiad	Cellwlos
Ffenestri a drysau	Pren

#### 4. Ffocws Gwyrdd (/Secwestriad)

Y To	To Gwyrdd
Strwythur	Ffrâm bren
Allanol	Rendr calch
Mewnol	Adobe* neu flociau cywarch
Inswleiddiad	Hempcrete**
Ffenestri a drysau	Pren

\*strocs (briciau cob) un opsiwn ar gyfer yr adobe

\*\*wedi'i chwistrellu neu flociau

### 07 Costau cwmpas

Gwerthuswyd y gwahanol senarios o ran deunyddiau i roi costau amcangyfrifedig fesul m² ar gyfer pob opsiwn, yn erbyn carbon. Trafodwyd elfennau unigol o fewn senarios y deunyddiau i weld ble y gellid gwneud arbedion.

## 08 Adolygu’r dyluniad a’r deunyddiau

Yn y dyluniad terfynol, gwyddwyd bod ymchwilwyr yn gwyboda'r holl wybodaeth a roddir yma.

Ail-archwiliwyd dyluniad a deunyddiau’r adeilad i nodi unrhyw arbedion pellach o ran carbon neu gost (gan ailadrodd camau 4-7). Yn y dyluniad cychwynnol, ystyriwyd opsiwn gardd aeafol; byddai hon yn ardal â'i blaen yn wydr gerllaw’r ystafelloedd dosbarth y gellid ei defnyddio ar gyfer chwarae a dysgu drwy gydol y flwyddyn. Ar ôl ystyried cost a lleihau deunyddiau carbon uchel (gwydr), dilëwyd yr elfen hon ond efallai y byddai’n werth ei hystyried mewn prosiectau yn y dyfodol. Cafodd ffurf symlach ei datblygu.

Gwnaed newidiadau pellach i’r deunyddiau a oedd yn cynnwys rhai cyfaddawdau rhwng yr effaith isaf ar garbon a’r gost. Yn gyffredinol, bydd y model yn defnyddio senario deunyddiau 3 (Ffocws pren) gyda tho â gwythien sefydlog. Y deunyddiau hyn sydd â’r CY isaf o fewn cyllideb cost/m² ac mae ganddynt hanes blaenorol addas o fewn y diwydiant gyda pherfformiad cynnal a chadw profedig.

Y To	To â Gwythïen Sefydlog
Strwythur	Ffrâm bren
Allanol	Cladin pren
Mewnol	Casét Pren
Inswleiddiad	Cellwlos
Ffenestri a drysau	Pren / Alwminiwm Cyfansawdd

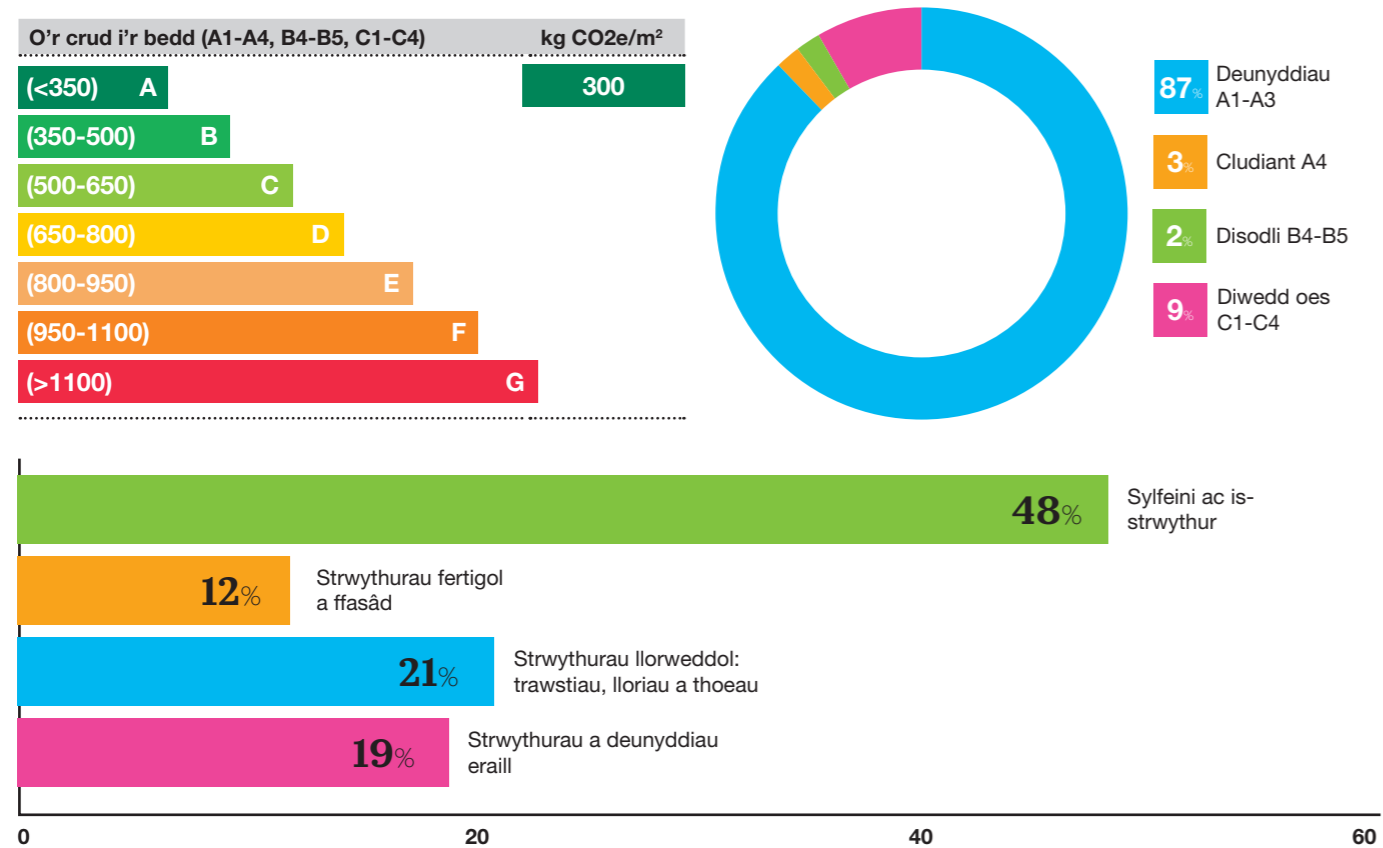
### 09 Costau cwmpas

Cytunodd y tîm ar y dyluniad terfynol ac ystyriodd opsiynau caffael; gan gynnwys opsiynau i gaffael deunyddiau a chynhyrchion lleol a weithgynhyrchwyd yng Nghymru.

Mae'r tîm hefyd wedi defnyddio'r egwyddorion hyn ac wedi eu modelu fel ymarfer pen desg yn erbyn dyluniad Llanrcarfan sydd wedi rhoi'r canlyniadau canlynol.

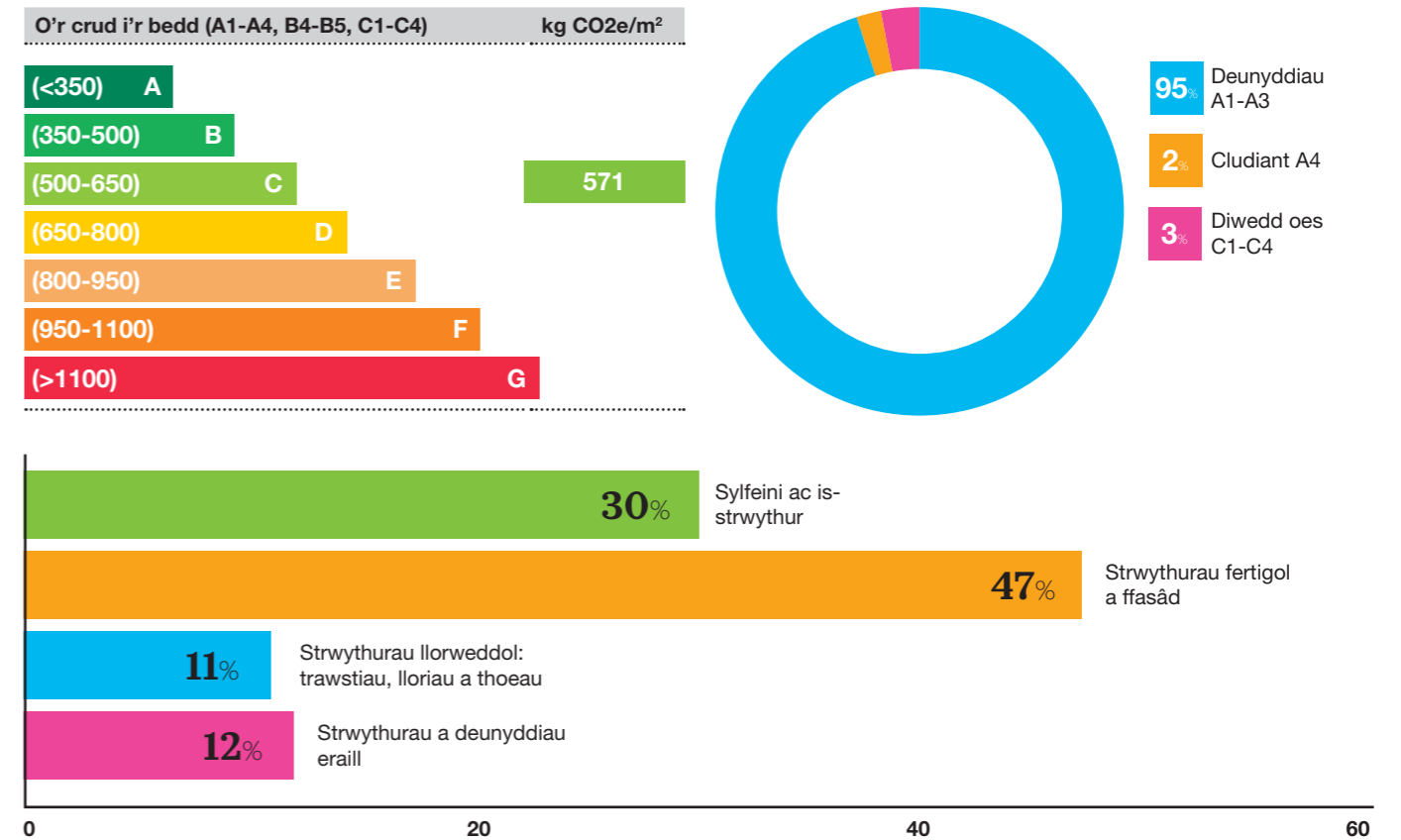
Modelu One Click – Potensial i gyflawni gwelliant o 47.46% o'i gymharu â chanllawiau Leti o 40%. Mae hyn yn 271kg CO2e/m2

### Llanrcarfan yn Sero-net yn weithredol a charbon ymgorfforedig isel



Mae'r modelu hyd yma wedi canolbwyntio'n bennaf ar ddeunyddiau adeiladu allweddol o fewn yr is-strwythur a'r uwch-strwythur. Wrth i'r dyluniad aeddfedu ymhellach, bydd dadansoddiad manylach yn cael ei gynnal gan gynnwys MTP, DGO a bydd gweithrediadau adeiladu yn dod yn ystyriaethau.

### Dylunio safonol Llanrcarfan Bro Morgannwg



## Y daith



Ysgol Nant Talwg



Band A



BREEAM Ardderchog



£2,762.24 Ch3 2020



Cwblhawyd yn 2014



Ysgeintellau dŵr



Dylunio safonol 1af



£1,981.52 m<sup>2</sup>  
(allanolion cyfyngedig)



Dewi Sant



Band B



BREEAM Ardderchog



Dechreuwyd ym mis  
Medi 2020



Ysgeintellau dŵr



Carbon-isel



£3,025.24 m<sup>2</sup>



Llancarfan



Band B



BREEAM Ardderchog



Cychwynwyd  
Tachwedd 2020



Ysgeintellau dŵr



Carbon sero-net o ran  
gweithrediad



£3,437.92 m<sup>2</sup>  
(allanolion cyfyngedig)



Prosiect Model  
Llancarfan



Carbon sero-net ar  
waith



Ysgeintellau dŵr



Carbon ymgorfforedig  
isel



£3,827.44 m<sup>2</sup>  
(allanolion cyfyngedig)

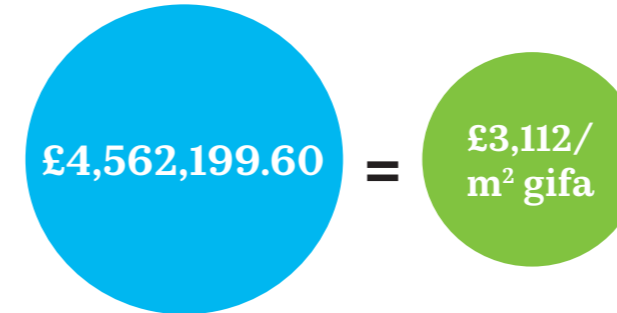


BREEAM Ardderchog

## Goblygiadau o ran cost

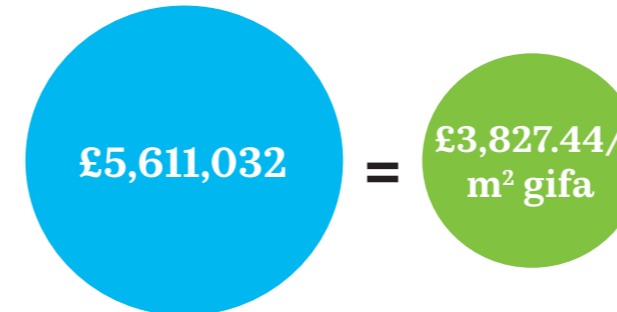
### Llancarfan

Dyluniad llinell sylfaen sy'n cydymffurfio â'r rheoliadau adeiladu cyfredol, boeleri nwy gydag ynni adnewyddadwy PV cyfyngedig.



### Llancarfan (datrysiaid wedi'i fodelu pen desg) – carbon sero-net (gydol oes) a dull carbon ymgorfforedig isel

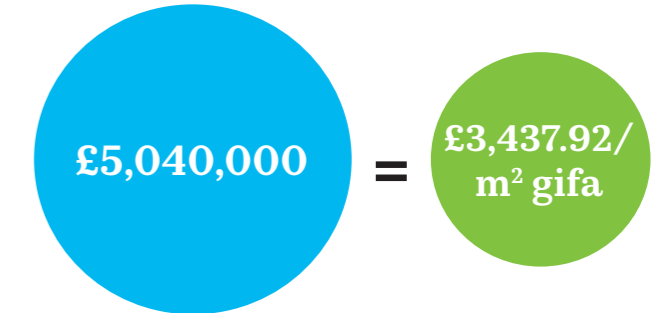
Mae hon yn gost gynyddol bellach o 11.33%.



Mae ffigurau costau'r prosiect yn ffigur hollgynhwysol sy'n cynnwys holl gostau cleientiaid, DGacO, TGCh, allanolion ac annormaleddau.

### Llancarfan - carbon sero-net (gydol oes)

Mae hon yn gost gynyddol o 9.48% sy'n cael ei buddsoddi mewn technoleg adnewyddadwy a gwell perfformiad o ran deunyddiau adeiladu.



## Myfyrdodau a'r camau nesaf

### Beth weithiodd yn dda?

- Galluogodd cydweithredu i ystod ehangach o ffactorau gael eu hystyried a'u croesholi yn erbyn gwahanol elfennau o'r gwaith adeiladu.
- Roedd gosod targedau'n gynnar yn llywio'r dull cyfan ac yn osgoi newidiadau costus i ddyluniad neu gyfaddawdu yn ddiweddarach yn y broses.
- Yn ddefnyddiol cael safonau diwydiant fel LETI a chanllawiau UKGBC i'w defnyddio fel fframwaith.

### Pa wersi y gellir eu dysgu?

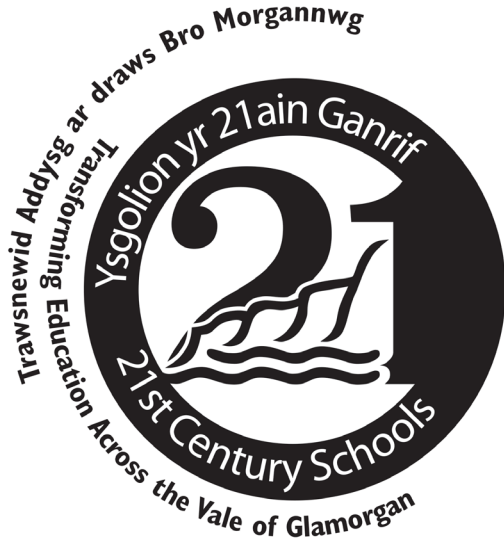
- Gan fod y dull hwn yn newydd i'r diwydiant, nid oedd yr holl opsiynau o ran deunyddiau ar gael i'w hymchwilio ar y feddalwedd One Click oherwydd diffyg DCAau. Roedd dod o hyd i opsiwn lleol weithiau'n anodd ac felly roedd hyn yn effeithio ar ganlyniadau; er enghraifft, roedd gan insiwleiddio gwlan defaid CY uwch na'r disgwyl gan nad oedd dewis Cymreig ar gael, pan mae'n hysbys ei fod yn ddeunydd lleol helaeth. Mae hyn yn golygu bod angen dadansoddi data'r CY yn ofalus o ystyried y cafeat hwn, ond dylai hyn ddod yn llai o anfantais wrth i ddata pellach gael ei ychwanegu at y feddalwedd a bod y dyluniad yn mynd rhagddo.
- Mae cyfaddawdau'n parhau'n her rhwng dylunio, carbon a chost.

### Y camau nesaf

- Bydd tîm y prosiect yn parhau i ddatblygu'r model i sicrhau'r effeithiau cymdeithasol, amgylcheddol ac economaidd cadarnhaol mwyaf posibl, yn enwedig datgarboneiddio. Bydd allyriadau carbon yn cael eu modelu a'u monitro drwy gydol y camau adeiladu ac yn ystod oes yr adeilad.
- Rhaid i ni sicrhau bod defnyddwyr terfynol ar yr un daith a bod gan ddisgyblion ran yn y datblygiad.
- Bydd angen gwneud rhagor o waith ar garbon ymgorfforedig gyda'r diwydiant, prifysgolion a'r gadwyn gyflenwi.
- Rhaid i ni weithio gyda'n gilydd i ddileu'r bwch perfformiad drwy fonitro'r prosiect yn gyson ym mhob agwedd gan gynnwys dylunio, caffael ac adeiladu.
- Rhaid gwerthuso'n gynhwysfawr ar ôl y Prosiect a pharhau i wneud hyn am 5 mlynedd.
- Bydd y modelau terfynol yn cael eu graddio i'w defnyddio mewn prosiectau yn y dyfodol. Bydd y tîm yn annog bod dysgu o'r prosiectau hyn yn cael ei ymgorffori mewn rhaglenni Ysgolion yr 21ain Ganrif a seilwaith cyhoeddus ehangach.

Am ragor o fanylion cysylltwch â

**[21stcenturyschools@valeofglamorgan.gov.uk](mailto:21stcenturyschools@valeofglamorgan.gov.uk)**



Diolch i'n holl bartneriaid am eu cydweithrediad a'u cyfraniadau



**STRIDE TREGLOWN**



Ysgolion a Cholegau yr 21ain Ganrif  
21st Century Schools and Colleges