

Partneriaeth Arloesi Ewrop (EIP) yng Nghymru

Ffermio Carbon Niwtral: Aseu'r cyfleoedd a'r heriau

Cynnwys

Crynodeb Gweithredol.....	3
Rhan 1: Asesiad Nwyon Tŷ Gwydr Sero Net	5
Cyflwyniad.....	5
Dulliau.....	6
Canlyniadau a Thrafodaeth	7
Rhan 2: Rheoli gwrychoedd	17
Defnydd a Dulliau	19
Canlyniadau a thrafodaeth	23
Canlyniadau'r gwrychoedd yn y sampl	23
Canlyniadau ar gyfer y coed yn y sampl.....	25
Casgliadau ac argymhellion ar gyfer camau nesaf.....	26
Atodiadau	27
Atodiad 1: Adroddiadau ar gyfer Ffermwyr Unigol	27
Atodiad 2	92

Crynodeb Gweithredol

Nod y prosiect hwn oedd sefydlu sefyllfa allyriadau nwyon tŷ gwydr 'net' (GHG) o gynhyrchu amaethyddol ar draws y 6 fferm a gymerodd ran. Mae pob un o'r ffermydd yn yr astudiaeth yn rhan o 'Grŵp Dŵr y Bannau'. Mae Grŵp Dŵr y Bannau yn glwstwr o ffermwyr a sefydlwyd gyda chymorth Dŵr Cymru i adolygu, profi a gweithredu atebion arloesol i fynd i'r afael â'r heriau amgylcheddol sy'n wynebu ffermio. Mae a wnelo un o'r heriau hynny â chymryd camau'n gysylltiedig â'r hinsawdd. Nod y gweithgaredd hwn a ariennir gan yr EIP oedd mesur gwaelodlin allyriadau nwyon tŷ gwydr a phwysleisio cyfleoedd i leihau allyriadau, ac yn bwysig, i asesu pa mor ddefnyddiol a hwylus yw'r broses a thynnu sylw at yr heriau a wynebir.

Cynhaliwyd elfen graidd y dadansoddiad nwyon tŷ gwydr gan Brifysgol Bangor. Casglwyd data ar draws y 6 fferm a'i brosesu trwy fodel dal a storio carbon a nwyon tŷ gwydr. Mae canlyniadau'r dadansoddiad wedi'u cynnwys yn yr adroddiad hwn sy'n cynnwys amcangyfrif o gydbwysedd allyriadau ar gyfer gwartheg biff, ŵyn, llaeth a chnydau grawnfwyd. Mae'r cydbwysedd allyriadau yn cael ei fesur fel cyfrifiad arddwysedd allyriadau (*emissions intensity*) sy'n ystyried yr holl allyriadau a gynhyrchir fesul kg o allbwn, gyda'r carbon deuocsid a dynnir o'r atmosffer yn cael ei neilltuo a'i dynnu o'r allyriadau gros i gyfrifo arddwysedd allyriadau net. Mae corff yr adroddiad hwn yn rhoi darlun cyfanredol o'r sefyllfa ar draws yr holl ffermydd sy'n cymryd rhan ac mae Atodiad 1 yn darparu gwybodaeth sy'n benodol i'r ffermydd (dienw).

Yn ogystal â'r dadansoddiad manwl o nwyon tŷ gwydr, cynhaliwyd rhaglen samplu a dadansoddi pridd gynhwysfawr. Pwrpas hyn oedd sefydlu gwaelodlin carbon pridd cadarn a dibynadwy (Gweler atodiad 3 ar gyfer methodoleg) ar gyfer ffermydd yn yr astudiaeth fel bod manteision gweithgareddau i wella deunydd organig pridd i'w gweld.

Llenwi bylchau: yn ogystal â'r nwyon tŷ gwydr craidd a'r gwaith dadansoddi pridd, roedd y prosiect yn cynnwys mesur newidiadau stoc garbon mewn gwrychoedd gan ddefnyddio dull mesur LIDAR ar y ddaear a wnaed gan Forest Research. Mae Rhan 2 o'r adroddiad hwn yn crynhoi canlyniadau'r elfen honno o'r gwaith.

Canfyddiadau allweddol

- Roedd y ffermwyr a gymerodd ran o'r farn bod allbynnau'r dadansoddiad yn ddefnyddiol i helpu i ddeall tarddiad allyriadau ar eu ffermydd a'r cysylltiadau rhwng effeithlonrwydd cynhyrchu ac arddwysedd allyriadau.
- Mae canlyniadau'r prosiect yn dangos yr her o gyflawni sefyllfa sero net o fewn y sectorau da byw cnoi cil gydag uchafswm o draean yr allyriadau'n cael eu gwaredu trwy ddal a storio carbon a llai o lawer na hynny yn y rhan fwyaf o achosion.
- Mae'r canlyniadau arddwysedd allyriadau yn cynrychioli systemau cynhyrchu effeithlon y DU. Mae'r proffiliau allyriadau ar gyfer anifeiliaid cnoi cil yn 54% methan a 27% o reoli maetholion ar fferm. Mae allyriadau porthiant a chynhyrchu gwrtaith yn gymharol fach ar 12% sy'n golygu bod ffermydd yn gymharol effeithlon gyda'r adnoddau a brynir i'r fferm. Gyda'r prosesau biolegol hyn yn cael effaith fwyaf ar yr allyriadau, mae angen i'r cyfleoedd i leihau allyriadau ganolbwyntio ar ffrwythlondeb a chynhyrchiant priddoedd a da byw.

- Caiff y CO2 a dynnir o'r atmosffer ei gynhyrchu o borfa (53%), coetir a choed (32%) a gwrychoedd (15%). Mae lefelau uchel o ansicrwydd yn perthyn i'r ffigurau hyn, a dylid eu trin fel rhai dangosol. Rhoddodd y dadansoddiad o garbon y pridd wybodaeth ddefnyddiol ar gyfer sefydlu'r waelodlin i asesu a yw'r canlyniadau modelu hyn yn realistig wrth ailedrych arnynt yn y dyfodol.
- Mae rheoli gwrychoedd yn cael effaith sylweddol ar Gronni biomas coediog o flwyddyn i flwyddyn gyda chynnydd o hyd at 117% mewn cyfeintiau coed.

Cyfyngiadau'r dadansoddiad

- Dim ond 1 flwyddyn a fesurwyd yn y dadansoddiad nwyon tŷ gwyr. Er bod hwn yn giplun defnyddiol nid yw'n cynrychioli'r systemau cynhyrchu aml-flwyddyn. Nid yw'r adnoddau'n addas i ffermydd sy'n lleihau neu'n cynyddu niferoedd eu stoc) gan fod hyn yn cael effaith sylweddol ar ganlyniadau (gan effeithio ar 2 allan o 6) o'r ffermydd yn y grŵp
- Dylai'r adnoddau roi cynrychiolaeth well o wir gylch bywyd ac effeithlonrwydd oes cynhyrchu da byw yn hytrach na mewnbynnau ac allbynnau dros gyfnod o 12 mis.
- Mae casglu data gweithgaredd yn cymryd llawer o amser a gall arwain at ganlyniadau gwallus os bydd camgymeriadau'n digwydd.
- Mae angen mwy o gamau gweithredu sy'n benodol i'r ffermydd i greu mesurau i leihau allyriadau nwyon tŷ gwyr. Mae angen gwybodaeth a all helpu i flaenoriaethu a gosod allyriadau yn eu cyd-destun.
- Nid yw amcangyfrifon allyriadau yn fanwl gywir ac mae llawer o ragdybiaethau; mae angen i ni gyfleu'r ansicrwydd yn well. Mae angen i ni ddangos cyfeiriad cadarnhaol y mentrau yn hytrach na manylion y data – bydd y rhain yn newid wrth i wyddoniaeth a dulliau wella.

Rhan 1: Aseiad Nwyon Tŷ Gwydr Sero Net

Cyflwyniad

Yn 2019, y DU oedd y wlad gyntaf i ddeddfu o blaid allyriadau nwyon tŷ gwydr sero net erbyn 2050. Bydd hyn yn gofyn am gryn ymdrech i leihau allyriadau yn sgil cynhyrchu da byw (Pwyllgor Newid Hinsawdd, 2020). Ar ben hynny, yn lle targedau'r Llywodraeth gosododd Undeb Cenedlaethol yr Amaethwyr (NFU) darged sero net erbyn 2040 ar gyfer y sector amaeth. Diffinnir sero net gan y Panel Rhynglywodraethol ar Newid Hinsawdd (IPCC) fel sefyllfa pan fo allyriadau anthropogenig (h.y., allyriadau sy'n deillio o weithgaredd dynol) yn hafal i'r allyriadau anthropogenig a dynnir o'r atmosffer dros gyfnod penodol o amser. Bydd ffermydd yn cyrraedd y targed sero-net pan fydd cydbwysedd rhwng allyriadau nwyon tŷ gwydr ar y fferm â lefelau dal a storio carbon ar y fferm (e.e. o goed a phriddoedd). Er mwyn i ffermydd gyrraedd y targed sero net, dylai'r prif ffocws fod ar leihau allyriadau, gan ei fod yn golygu bod angen llai o dir i ddal a storio carbon i wrthbwysu'r allyriadau sy'n weddill.

Mae amaethyddiaeth yn gyfrifol am 10% o gyfanswm allyriadau nwyon tŷ gwydr y Deyrnas Unedig (Pwyllgor Newid Hinsawdd, 2020). Mae da byw yn cyfrannu'n sylweddol at yr allyriadau hyn, yn bennaf ar ffurf methan o epleriad enterig anifeiliaid cnoi cil. Yn fyd-eang, mae methan yn cyfrif am 50%, carbon deuocsid 26% ac ocsid nitrus 24% o allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n deillio o dda byw cyffredinol (FAO, 2013). Cynhyrchir methan yn bennaf fel sgil-gynnyrch epleriad enterig, ond hefyd o dail. Mae allyriadau ocsid nitrus yn dod yn bennaf o briddoedd ar ôl gwasgaru gwartaith nitrogen a thail. Mewn systemau porfa, mae cyfran sylweddol o ocsid nitrus yn dod o dail yr anifail ar briddoedd porfa. Daw'r rhan fwyaf o allyriadau carbon deuocsid ar ffermydd yn sgil yr ynni a ddefnyddir a'r allyriadau sy'n gysylltiedig â chynhyrchu porthiant a gwartaith yn ogystal ag allyriadau sy'n gysylltiedig â phrynu stoc i mewn (CIEL, 2020).

Mae'r IPCC yn trin pob nwy tŷ gwydr fel "cyfwerth carbon deuocsid" gan ddefnyddio dull mesur y cyfeiri ato fel Potensial Cynhesu Byd-eang (GWP). Mae GWP yn ffordd o fesur faint o wres, carbon deuocsid cymharol mae nwyon tŷ gwydr yn eu dal yn yr atmosffer. Mynegir GWP dros 100 mlynedd, felly er mwyn trosi nwy nad yw'n CO₂ i fod yn gyfwerth â CO₂, caiff ei luosi â'i ffactor GWP100 sy'n benodol i nwy. Ar gyfer methan, gwerth GWP100 yw 25 ac ar gyfer ocsid nitrus y gwerth yw 298 (IPCC, 2014).

Nod prosiect ffermio Carbon Niwtral Partneriaeth Arloesi Ewrop (EIP) yng Nghymru yw asesu cyfleoedd a heriau'r targed sero net ar draws chwe fferm o ardal Aberhonddu. Mae'r ffermydd dan sylw yn cynrychioli amrywiaeth o fentrau, gan gynnwys systemau llaeth, gwartheg biff ac ŵyn. Y prif elfennau y mae'r prosiect hwn yn ceisio rhoi sylw iddynt yw:

1. Deall beth yw sero net a beth mae'n ei olygu i ffermwyr yng Nghymru.
2. Asesu'r waelodlin allyriadau carbon i'r ffermydd dan sylw, a'u defnyddio fel sail i weithredu a mesur.
3. Gwella'r dystiolaeth i ddangos sut y gall y camau a gymerir ar fferm helpu'r diwydiant i symud tuag at sero net.

Mae mesur allyriadau nwyon tŷ gwydr o systemau cynhyrchu da byw yn gam cyntaf pwysig tuag at gyrraedd y targedau amgylcheddol hyn. Mae llawer o adnoddau cyfrifo carbon ar gael i fesur allyriadau nwyon tŷ gwydr ar lefel y fferm. O'r adnoddau masnachol sydd ar gael ar hyn o bryd, dangoswyd bod *AgRE Calc*, *Cool Farm Tool* a'r *Farm Carbon Calculator* ymysg y rhai mwyaf addas i'w defnyddio mewn systemau ffermio yn y DU (Sykes et al., 2017; Taft et al., 2018). Manteision yr adnoddau hyn yw eu bod am ddim i ddefnyddwyr, gan ddarparu cyfrif cyflawn o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar lefelau fferm

a menter. Hefyd gellir cymharu â blynyddoedd blaenorol a ffermydd tebyg eraill. Mae hyn yn golygu y gellir meincnodi rhwng systemau ffermio tebyg, a thynnu sylw at gyfleoedd i gyflwyno mesurau lliniaru. Gall adnoddau eraill, a ddatblygwyd yn bennaf ar gyfer ymchwil, megis Adnoddau Ôl Troed Carbon Prifysgol Bangor, er nad ydynt yn cael eu datblygu at ddibenion masnachol, fod yn ddefnyddiol hefyd ar gyfer asesu allyriadau a lefelau dal a storio carbon yn fanylach ar ffermydd. Mae adnoddau'n amrywio o ran eu cyfrifiadau penodol, ac mae'r adnoddau a ddewisir yn dibynnu ar anghenion a nodau penodol defnyddwyr. Wrth gyfrifo ôl troed carbon fferm, gall yr adnoddau a ddewisir gael effeithiau sylweddol ar y canlyniadau, felly mae angen dewis yn ofalus i gyd-fynd â nodau arfaethedig yr archwiliad carbon.

Amcanion y gwaith hwn oedd:

- Cynhyrchu ôl troed carbon cynhwysfawr fesul kg o gynnyrch gwartheg biff ac ŵyn ar sail pwysau marw (DW) ar gyfer ar gyfer pob un o'r chwe fferm yn yr astudiaeth, ac ôl troed carbon fesul kg o laeth FPC ar gyfer yr unig fferm odro.
- Gosod y data yn ei gyd-destun ar draws y grŵp a rhoi sylwadau ar y ffactorau sy'n dylanwadu ar yr ôl traed yma

Dulliau

Mae cyfrifo ôl troed carbon cynnyrch yn gywir yn heriol, ac mae'n dibynnu i raddau helaeth ar gywirdeb y data a dderbynnir gan ffermwyr. Casglwyd data ar lefel fferm trwy daenlen Excel a lenwyd gan y ffermwyr eu hunain, ac, yn y rhan fwyaf o achosion, dilynwyd hynny gan negeseuon e-bost a galwadau ffôn i'r ffermwyr er mwyn gwirio'r wybodaeth a ddarparwyd. Rhoddodd pob fferm ddata o'r flwyddyn 2020. Mewn achosion lle'r oedd data'n anodd ei gael, neu lle'r oedd unrhyw ddata ar goll, defnyddiwyd data a gyhoeddwyd yn ddiweddar yn y DU neu amcangyfrifon safonedig yn eu lle (Craig, 2020).

Yna defnyddiwyd y data hwn i gyfrifo'r olion traed carbon gwaelodlin gan ddefnyddio **AgRE Calc** i roi amcangyfrifon o'r allyriadau (o'r mewnbynau a ddefnyddiwyd a niferoedd da byw dros gyfnod yr astudiaeth), ac **Adnodd Ôl Troed Carbon Prifysgol Bangor** i gyfrifo cyfraddau dal a storio carbon. Datblygwyd AgRE Calc (Cyfrifiannell Effeithlonrwydd Adnoddau Amaethyddol) gan Goleg Gwledig yr Alban ac ystyrir ei fod yn un o'r adnoddau cyfrifyddu carbon sy'n perfformio orau o ran tryloywder, methodoleg ac ar gyfer ei ddefnyddio ar ffermydd y DU (Sykes et al., 2017). Mae'r adnodd yn defnyddio cyfuniad o fethodoleg Haen 1 a Haen 2 IPCC (Brown et al., 2019) ac mae'n cydymffurfio â safonau PAS2050. Mae pob nwy tŷ gwydr yn cael eu trawsnewid yn gyfwerth â CO₂ kg (kg CO₂e) yn seiliedig ar eu GWP IPCC. Yn benodol, mae AgRE Calc yn defnyddio ffactorau GWP o 25 a 298 ar gyfer methan ac ocsid nitrus, yn y drefn honno.

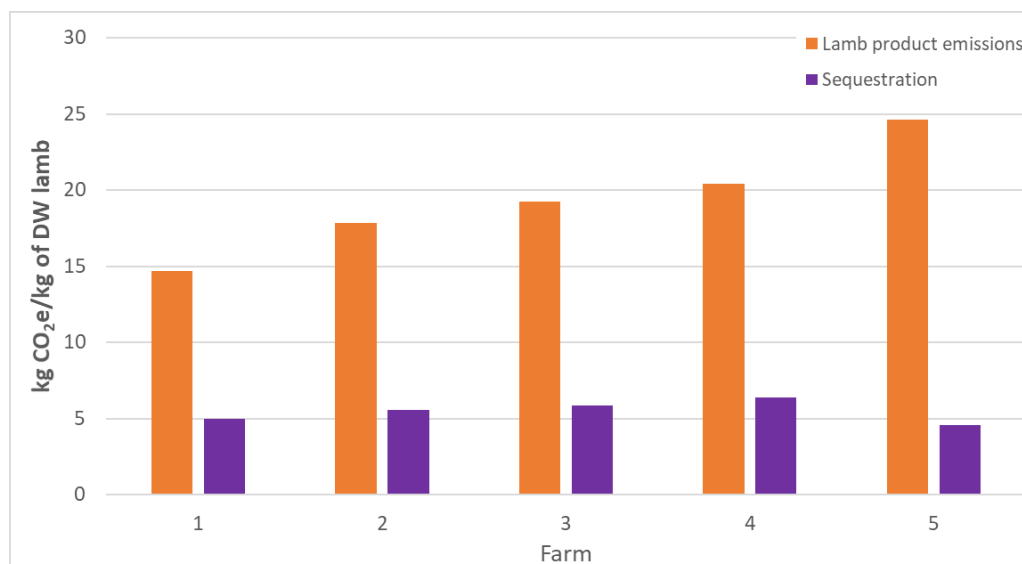
Dewiswyd Adnodd Ôl-troed Carbon Prifysgol Bangor (Edwards-Jones et al., 2009; Hyland et al., 2016; Jones et al., 2013) ar gyfer cyfrifo lefelau dal a storio carbon gan ei fod yn cynnwys y set fwyaf cynhwysfawr o lefelau dal a storio carbon a fesurir, gan gynnwys trwy wrychoedd, coed unigol, coed mewn systemau rhes a ffiniau caeau yn ogystal ag ardaloedd o goetir yn unig. Mae Adnodd Bangor hefyd yn cynnwys lefelau dal a storio carbon mewn porfa a phridd yn ei gyfrifiadau ar yr adeg y cyfrifwyd yr olion traed gwaelodlin. O ran coetir, mae'r adnodd yn defnyddio gwerthoedd cynnyrch o'r Cod Carbon Coetir (Read et al., 2009) fel sail ar gyfer gwerthoedd lefelau dal a storio carbon ar gyfer coetir. Trwy gyfrifo'r gwerthoedd ar gyfer cyfanswm yr allyriadau, a thynnu'r lefelau dal a storio carbon o'r swm, a'i rannu ag allbynnau'r fferm (ee kg DW o ŵyn) roedd modd i ni i gyfrifo cyfanswm allyriadau CO₂e net fesul kg o gynnyrch, y cyfeirir ato fel 'arddwysedd allyriadau' cynnyrch.

Fel yr esboniwyd yn gynharach, mae allyriadau nwyon tŷ gwydr fesul kg o gynnyrch yn adlewyrchu pa mor effeithlon yw system gynhyrchu: bydd gan ffermydd sy'n defnyddio mewnbynnau is fesul uned o allbwn ôl troed carbon is ar gyfer eu cynhyrchion, ac i'r gwrthwyneb. Er enghraifft, os bydd clefydau neu ddietau gwael yn effeithio ar dwf da byw, bydd yr anifeiliaid hynny'n cymryd mwy o amser i gyrraedd eu pwysau, sy'n golygu y bydd cyfanswm yr allyriadau methan ar gyfer yr anifeiliaid hynny yn uwch. Hefyd, oherwydd bod anifeiliaid o'r fath ar y fferm am fwy o amser, efallai y bydd angen defnyddio mwy o wrtaith i dyfu porthiant ychwanegol, a/neu brynu porthiant ategol - y mae pob un o'r rhain yn cyfrannu at gostau carbon cynhyrchu'r anifeiliaid hynny.

Canlyniadau a Thrafodaeth

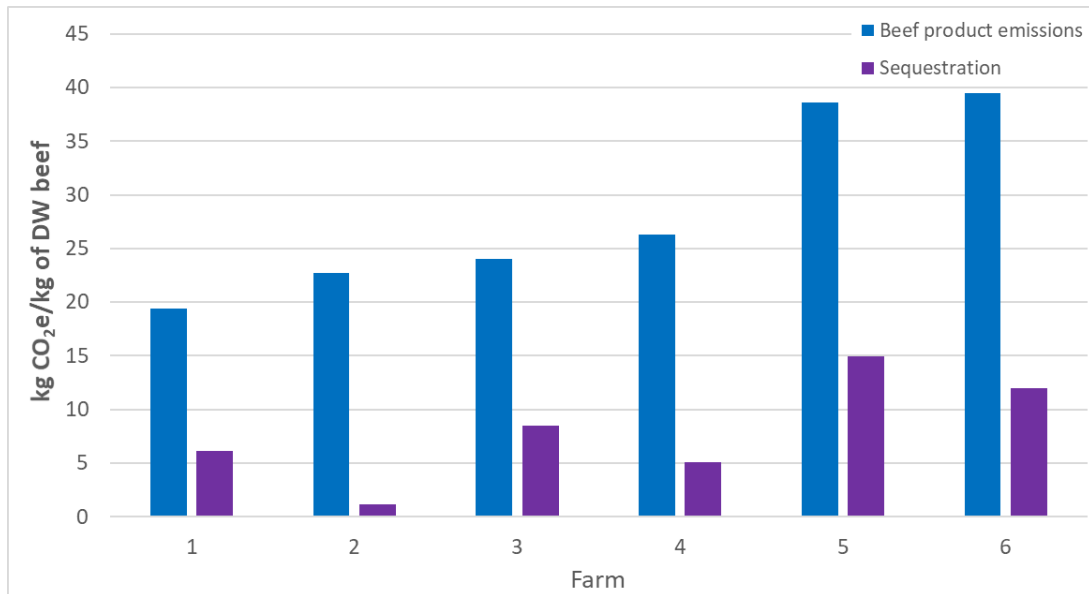
Allyriadau

Roedd allyriadau nwyon tŷ gwydr fesul kg o wŷn ac eidion ar sail pwysau marw yn amrywio. Ar gyfer wŷn, roedd allyriadau cynnyrch yn amrywio o **15-25 kg CO₂e / kg ar sail pwysau marw**, gyda chymedr cyffredinol o **19 kg CO₂e/kg ar sail pwysau marw** (Ffigur 1).



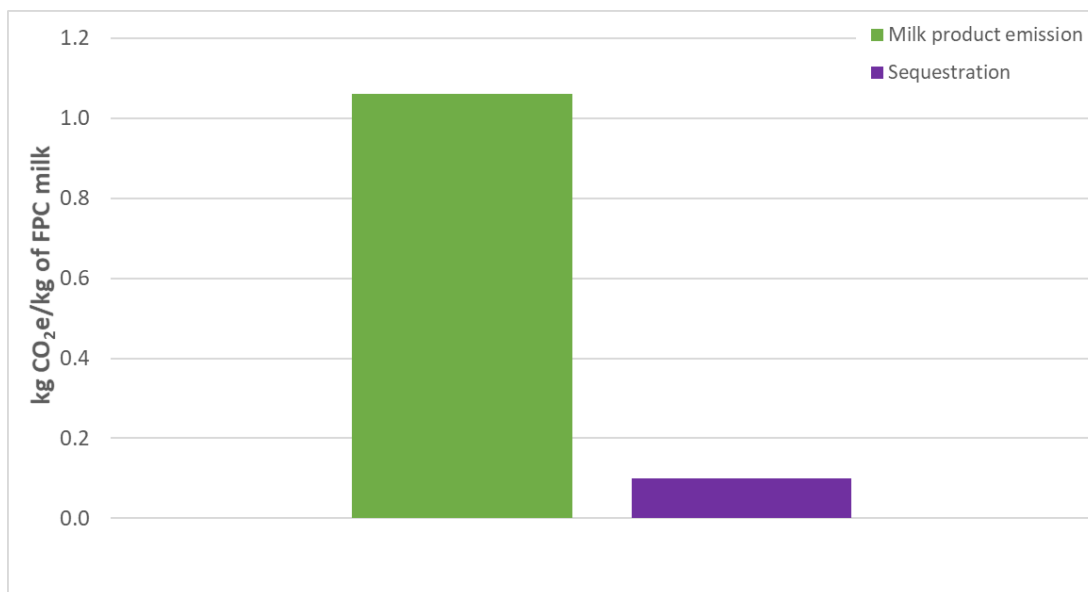
Ffigur 1: Cyfartaledd allyriadau nwyon tŷ gwydr a lefelau dal a storio carbon fesul kg o wŷn ar sail pwysau marw ar draws ffermydd yr astudiaeth

Roedd yr amrywiad yn fwy amlwg ar gyfer gwartheg biff gydag allyriadau cynnyrch yn amrywio o **19-40 kg CO₂e / kg ar sail pwysau marw** ar gyfartaledd **28 kg CO₂e/kg ar sail pwysau marw** (Ffigur 2). Mae'r amrywiad hwn mewn allyriadau cynnyrch yn dangos y gwahaniaethau mewn effeithlonrwydd rhwng ffermydd yr astudiaeth.



Ffigwr 2: Cyfartaledd allyriadau nwyon tŷ gwydr a lefelau dal a storio carbon fesul kg gwartheg bîff ar sail pwysau marw ar draws ffermydd yr astudiaeth

Ar yr unig fferm odro yn yr astudiaeth hon, allyriadau cynnyrch llaeth oedd **1.06 kg CO₂/kg o laeth FPC** (Ffigwr 3).



Ffigwr 3: Cyfartaledd allyriadau nwyon tŷ gwydr a lefelau dal a storio carbon fesul kg laeth FPC ar yr unig fferm odro yn yr astudiaeth hon

Roedd dadansoddiadau allyriadau yn debyg ar draws y ffermydd yn yr astudiaeth gan fod y rhan fwyaf ohonynt yn cadw gwartheg bîff a defaid, ac eithrio un fferm gyda menter laeth - roedd dadansoddiad allyriadau honno ychydig yn wahanol. Yn ôl y disgwyl, roedd methan o eplesiad enterig yn cyfrif am y rhan fwyaf o'r allyriadau nwyon tŷ gwydr ar bob fferm (Ffigwr 4).

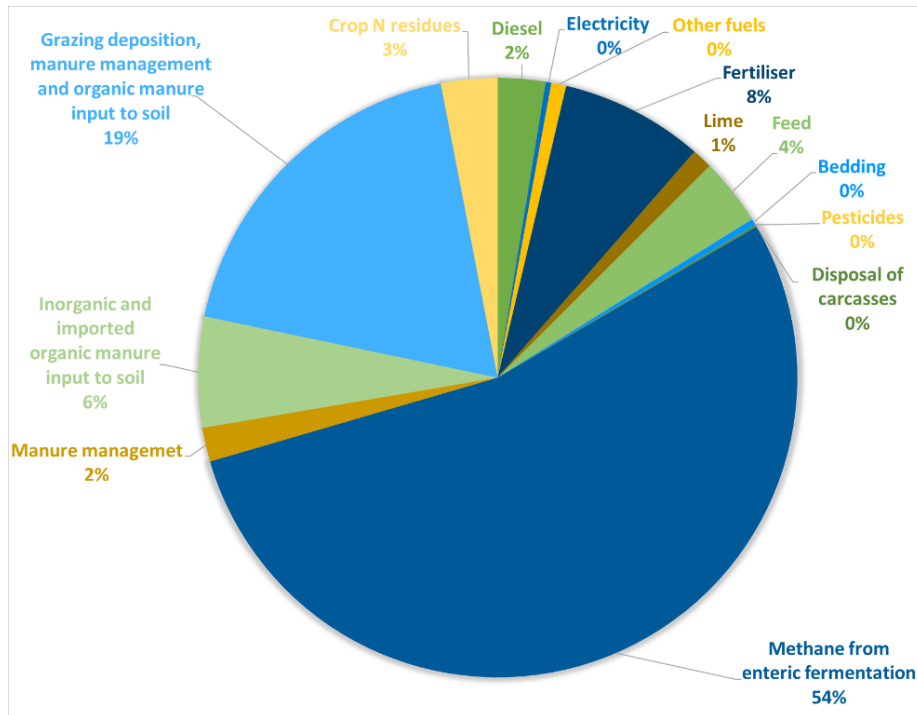
Mae allyriadau methan yn cynyddu ar sail nifer yr anifeiliaid cnoi cil ar bob fferm, ac mae cyfanswm yr allyriadau'n cynyddu ar sail maint y ddiadell a'r fuches ar y fferm. Fodd bynnag, efallai na fydd hyn yn cael ei adlewyrchu yma gan fod canlyniadau'n cael eu mynegi fel allyriadau fesul kg o gynnyrch. Yn

aml, ar rai o'r ffermydd â lefelau stocio uwch y cafwyd yr arddwyseddau isaf o ran allyriadau. O'u cymharu â ffermydd eraill, maent yn defnyddio mewnbynnau cymharol uchel (e.e. porthiant a gwrtaith) i gefnogi dwysedd stocio uwch, fodd bynnag, er bod cyfanswm yr allyriadau'n uwch, mae'r ffermydd hyn yn cynhyrchu cyfaint uwch o allbwn, felly bydd cyfanswm yr allyriadau yn cael eu rhannu ag allbwn uwch. Fodd bynnag, mae'n bwysig nodi y bydd gan y ffermydd hyn sydd â lefelau stocio uwch, er eu bod yn effeithlon, gyfanswm allyriadau uwch fesul hectar oherwydd bod nifer uwch o anifeiliaid a mewnbynnau fesul hectar o'i gymharu â ffermydd eraill.

Gall sawl ffactor arwain at newid mewn niferoedd da byw ar ffermydd, a bydd hynny'n ddieithriad yn dylanwadu ar ôl troed carbon y fferm. Mae'n debygol bod newidiadau yn nifer y stoc ar ffermydd yr astudiaeth hon wedi dylanwadu ar y canlyniadau. Er enghraifft, ar y fferm sydd â'r allyriadau cynnyrch gwartheg bïff isaf, bu gostyngiad yn nifer y stoc yn y flwyddyn sampl. Yn groes i hyn, ar y fferm sydd â'r allyriadau cynnyrch gwartheg bïff uchaf, cynyddwyd nifer y gwartheg ar eu daliad yn sylweddol yn y flwyddyn sampl. Mae hyn yn golygu y bydd gan y fferm sy'n lleihau nifer eu stoc arddwysedd allyriadau is na'r blynyddoedd blaenorol gan y byddant wedi gwerthu mwy o wartheg a bydd llai o wartheg ar fferm. Bydd gan y fferm sy'n cynyddu ei niferoedd amcangyfrif anarferol o uwch na'r blynyddoedd blaenorol (neu flynyddoedd i ddod) gan y bydd ganddi allyriadau ychwanegol ynghlwm â stoc a brynwyd yn ogystal â'r anifeiliaid hynny nad ydynt yn cynhyrchu yn y flwyddyn sampl. Mae angen ystyried newidiadau o'r fath i niferoedd anifeiliaid wrth ddehongli canlyniadau ôl troed C ar ffermydd, a dyna pam fod samplu data dros nifer o flynyddoedd yn well.

Allyriadau ocsid nitrus o briddoedd oedd yr ail gyfrannwr pwysicaf at allyriadau ar draws pob fferm (Ffigur 4). Roedd pob fferm yn yr astudiaeth hon yn trin tail ar ffurf deunydd solet sydd ag allyriadau is yn gyffredinol na slyri hylif. Gall technegau gwasgaru tail sy'n achosi allyriadau isel e.e. gwasgaru tail o fewn 24 awr neu ei wasgaru yn y gwanwyn yn lle'r hydref hefyd leihau'r allyriadau o dail (Eory et al., 2015).

Gwrtaith a phorthiant oedd yn arwain at ganran sylweddol o allyriadau o fewnbynnau (Ffigur 4). O ystyried y defnyddir mwy o wrtaith mewn systemau gwartheg, roedd allyriadau ac allyriadau ocsid nitrus o bridd yn uwch na mewn systemau defaid. Yn ôl y disgwyl ar ffermydd gwartheg bïff a defaid, roedd y defnydd o ynni ar ffermydd yn yr astudiaeth yn isel ar y cyfan, felly roedd y defnydd o ynni yn cyfrif am gyfran fach iawn o gyfanswm yr allyriadau, fodd bynnag, roedd y defnydd o ynni o'r fenter laeth yn naturiol yn uwch. Yn yr un modd, nid oedd defnydd tanwydd ar ffermydd yn cyfrif am gyfran fawr o allyriadau nwyon tŷ gwyr ar draws systemau cynhyrchu.



Ffigwr 4: Dadansoddiad o ffynonellau allyriadau nwyon tŷ gwydr fferm gyfan ar gyfartaledd ar draws ffermydd yr astudiaeth. Nodwch fod gwerthoedd <0.5% yn ymddangos fel 0% yn sgil eu talgrynnu

Mae amrywioldeb mewn allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir fesul cynnyrch kg (Ffigyrau 1, 2 a 3) yn adlewyrchu'r gwahaniaethau yn ansawdd y tir rhwng ffermydd ond hefyd o ran effeithlonrwydd ac yn tynnu sylw at y cyfleoedd ar gyfer enillion effeithlonrwydd ar ffermydd ag allyriadau cynnyrch uwch. Ymddengys nad oedd y math fferm (e.e. fferm fynydd neu iseldir) yn cael llawer o ddylanwad ar allyriadau cynnyrch, fodd bynnag, oherwydd bod y sampl yn fach, byddai angen sampl mwy i ddilysu hyn. Yn ôl astudiaethau blaenorol hefyd nid yw'r math o fferm ydyw yn cael unrhyw ddylanwad ar arddwyseddau allyriadau (Jones et al., 2013). Yn gyffredinol, roedd gan ffermydd iseldir fwy o fewnbynnau sy'n cyfrannu at fwy o bwysau byw o stoc y gellir rhannu'r mewnbynnau hynny â nhw. Roedd da byw a gynhyrchwyd ar systemau mynydd yn aml yn pwysu llai ond roedd angen llai o fewnbynnau.

Ar gyfer gwartheg, roedd allyriadau o ffynonellau eraill (cynhyrchu porthiant anifeiliaid) yn cyfrif am gyfrannau amlwg o gyfanswm yr allyriadau. Roedd hyn yn amlwg yn y fferm oedd â'r cyfanswm uchaf o allyriadau ac a oedd yn defnyddio swm sylweddol uwch o ddwysfwyd (er nad oedd hyn yn amlwg mewn allyriadau stoc gan mai'r fferm hon oedd yr ail isaf). Yn groes i hyn, nid oedd rhai ffermydd yn prynu llawer o borthiant i mewn, oedd yn adlewyrchu'r pwyslais gan y ffermwyr ar ddefnyddio porfa a/neu dyfu cnydau porthiant a phrotein uchel ar gyfer porthiant y gaeaf. Doedd hanner y ffermydd oedd yn cymryd rhan ddim yn prynu deunydd i'w roi o dan yr anifeiliaid gan eu bod yn cynhyrchu eu gwellt eu hunain o gnydau fel gwenith neu geirch. Roedd un fferm hefyd yn torri brwyn i'w rhoi o dan yr anifeiliaid, gan leihau eu hallyriadau o'i gymharu â phrynu deunydd i mewn.

Nid oedd cysylltiad clir chwaith rhwng allyriadau fferm a maint ffermydd na niferoedd stoc ar draws pob math o ffermydd. Gall hyn adlewyrchu'n rhannol faint bach y sampl mewn rhai categorïau, fodd bynnag, dangoswyd mewn astudiaethau eraill hefyd nad yw maint y fferm yn cael unrhyw effaith ar arddwysedd allyriadau (Hyland et al., 2016). Mae'r canlyniadau hyn yn ailadrodd pwysigrwydd systemau rheoli yn hytrach na ffactorau daearyddol ar allyriadau nwyon tŷ gwydr.

Er enghraifft, mae systemau defaid mynydd yn fwy tebygol o wŷna yn yr awyr agored a gwerthu wŷn fel wŷn stôr yn hytrach na phrynu porthiant i'w gorffen, gan leihau'r galw am ddwysfwyd ac allyriadau

cysylltiedig. Mewn systemau gwartheg, mae cynhyrchwyr iseldir yn aml yn prynu gwartheg stôr i'w gorffen ar ddwysfwd, ond gwneir hyn dros gyfnod byrrach. Mae cynhyrchwyr ffermydd mynydd yn aml yn cadw da byw dan do yn ystod gaeafau hirach, sy'n golygu bod angen mwy o borthiant. Mae rhai ffermwyr mynydd yn aml yn cadw anifeiliaid stôr neu eidion hyd at 2 flynedd cyn eu gwerthu, weithiau ar bwysau cymharol isel oherwydd natur eu brîd, sy'n cynyddu allyriadau cyffredinol fesul kg o gynnyrch.

Nid oedd yr astudiaeth hon yn ystyried strategaethau i wella iechyd anifeiliaid, a fydd yn cael effaith amlwg ar effeithlonrwydd cynhyrchu. Dylid rhoi blaenoriaeth i weithredu rhaglenni iechyd anifeiliaid manwl a brechu yn erbyn y prif glefydau sy'n effeithio ar gynhyrchiant gan y bydd hyn yn cynyddu effeithlonrwydd cynhyrchu ac yn lleihau allyriadau. Hefyd meysydd eraill fel lleihau baich llyngyr parasitig mewn defaid a gwartheg y gwyddom sy'n cael effaith niweidiol iawn ar gyfraddau twf da byw a sicrhau'r effeithlonrwydd gorau posibl wrth drosi bwyd anifeiliaid ac o ganlyniad yn cyfrannu at allyriadau nwyon tŷ gwydr (CIEL, 2020).

Roedd canrannau lloia ar ffermydd yn yr astudiaeth yn amrywio o 90-99%. Roedd canrannau wŷna yn amrywio o 129-160%. Mae canrannau magu defaid a gwartheg yn adlewyrchu'r gwahanol fridiau a gedwir, er enghraifft, mae systemau iseldir yn tueddu i fod â mamogiaid mwy, sy'n cael mwy nag un oen, yn ogystal â ffactorau rheoli hefyd, er enghraifft, os yw defaid yn wŷna dan do neu yn yr awyr agored. Mae canrannau magu yn cael eu heffeithio gan sawl ffactor fel y tywydd wrth wŷna ar systemau wŷna awyr agored. Roedd pob fferm yn darparu data o 1 flwyddyn, ac er y bydd rhywfaint o amrywiad lleol yn y tywydd a'i effeithiau ar lefel goroesi'r wŷn, gallai hyn hefyd olygu bod y canlyniadau'n cael eu dylanwadu gan y tywydd ffafriol yn ystod gwanwyn 2020. Serch hynny, waeth pa ddull rheoli a system a ddefnyddir ar fferm, dylid rhoi blaenoriaeth i leihau colledion a chynyddu canrannau magu ar draws yr holl systemau cynhyrchu fel modd i leihau ôl troed carbon cynhyrchion fferm (ADAS UK Ltd, 2014).

Mewn systemau gwartheg magu, mae cyfnod hirach rhwng lloia yn golygu bod yn rhaid i anifeiliaid eraill gario baich nwyon tŷ gwydr y fuwch anghynhyrchiol. O ystyried pwysau buwch, gall hyn gyfrif am gyfran sylweddol o allyriadau. Felly, dylid gweithredu mesurau sy'n lleihau cyfnodau lloia ar draws pob fferm (e.e. byrhau'r cyfnod gofyn tarw, gwerthu gwartheg o ffrwythlondeb is, ac ati). Mae gan systemau llaeth-biff hefyd arddwysedd allyriadau is na systemau gwartheg magu. Tynnwyd sylw at hyn gan yr unig fferm odro yn yr astudiaeth hon. Mae hyn oherwydd y baich allyriadau sy'n gysylltiedig â'r fuwch mewn systemau gwartheg magu. Yn yr un modd, gwyddys bod wŷn beinw a enir yn lleihau arddwysedd allyriadau wŷn a gynhyrchir gan ei fod yn lleihau cyfran yr anifeiliaid "anghynhyrchiol" yn y ddiadell. Mae hyn yn fwy perthnasol i fridiau tir isel mwy o faint ac efallai na fydd yn addas ar rai ffermydd mynydd lle mae bridiau'n llai a lle gallai wŷn beinw a enir fod yn niweidiol i gyfraddau twf.

Mae'n debyg bod rhai ffermydd yn yr astudiaeth wedi buddsoddi'n sylweddol i wella ansawdd geneteg eu da byw, cofnodi perfformiadau, newid i heidiau / buchesi caeedig, gan bwysu da byw yn rheolaidd i ddewis anifeiliaid â chyfraddau twf gwell. Gall gwelliannau genetig helpu i leihau diwrnodau cyn eu difa a gwella cyfraddau twf, ond gall hefyd arwain at bwysau uwch heb gynyddu mewnbynau, gan leihau cyfanswm allyriadau ac arddwyseddau allyriadau.

Gall ail-hadu hefyd ddylanwadu ar allyriadau nwyon tŷ gwydr, ac mae'n debyg bod pob fferm yn ail-hadu rhan o'u tir a/neu'n tyfu cnwd blynyddol. Mae hyn yn debygol o arwain at golledion carbon o bridd gan y bydd carbon a gronnir mewn pridd yn cael ei droi drosodd gan fionas microbaidd y pridd (Fernández et al., 2010). Bydd mabwysiadu arferion fel drilio hadau neu gnydau yn uniongyrchol yn lleihau allyriadau o'r fath (Mangalassery et al., 2014).

Dylai ffermwyr hefyd ystyried y rhywogaethau y maen nhw'n eu dewis wrth ail-hadu'r borfa, gan y gall effeithio ar ôl troed carbon cynhyrchion fferm. Mae cynyddu'r meillion mewn porfa wrth ail-hadu nid

yn unig yn cynnal cynhyrchiant y borfa, ond gall gryfhau perfformiad da byw gan ei fod yn gwella ansawdd y porthiant (Jensen et al., 2012), a thrwy hynny'n lleihau allyriadau methan cysylltiedig. Ar ben hynny, mae gallu codlysiâu i sefydlogi nitrogen o'r atmosffer yn lleihau'r angen am wrtaith artiffisial a'u hallyriadau cysylltiedig o ocsid nitrus (Carswell et al., 2019). Mae lefel protein uwch mewn porfa sy'n cynnwys codlysiâu hefyd yn lleihau'r angen i brynu porthiant llawn protein fel soia o Dde America, gan leihau effeithiau amgylcheddol yno, fel datgoedwigo (Sustainable Forage Protein, 2016).

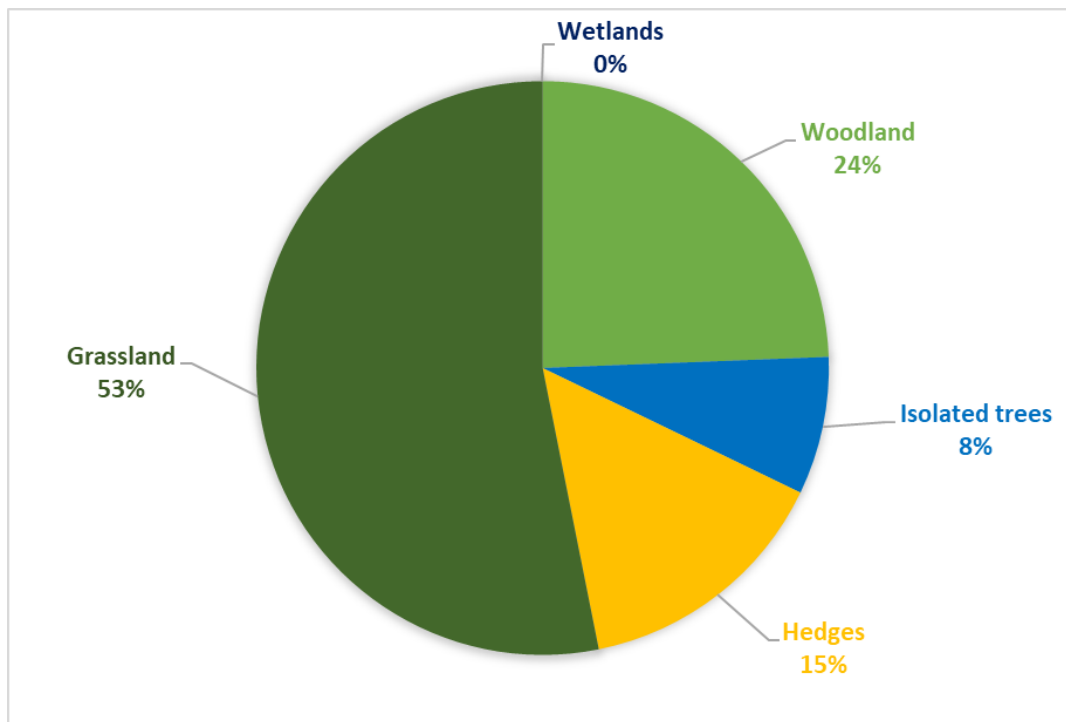
Roedd y rhan fwyaf o ffermydd yn yr astudiaeth hon wedi buddsoddi mewn rhyw fath o ynni adnewyddadwy (solar yn bennaf) a oedd yn anochel yn lleihau'r defnydd o drydan ar fferm ac felly'n lleihau allyriadau. Fodd bynnag, o dan fframweithiau adrodd cyfredol nwyon tŷ gwydr, nid yw ffermwyr yn cael unrhyw glod am leihau'r defnydd o ynni uniongyrchol ac felly nid yw allyriadau a arbedwyd wedi cael eu cyfrif yn erbyn y rhai a allyrrir ar ffermydd yn yr astudiaeth hon. Serch hynny, trwy gynhyrchu ynni adnewyddadwy, sy'n cael ei gyflenwi i'r grid cenedlaethol, gall ffermydd helpu'r economi ehangach i symud tuag at sero net.

Ni chasglwyd data dŵr yn yr arolwg hwn ond fel arfer mae'n isel ar ffermydd gwartheg biff a defaid o'i gymharu â sectorau bwyd eraill. Os yw ffermydd ar ffynonellau dŵr preifat, bydd hyn hefyd yn cyfrannu at leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr drwy osgoi gwariant ar ynni sy'n gysylltiedig â thrin a darparu dŵr o'r prif gyflenwad dŵr.

Dal a storio carbon

Roedd lefelau dal a storio carbon hefyd yn amrywio rhwng y ffermydd, gydag ŵyn yn **5-6 kg CO₂e/kg ar sail pwysau marw** a **5 kg CO₂e/kg ar sail pwysau marw** ar gyfartaledd wedi'i wrthbwysu (Ffigur 1). Roedd lefelau dal a storio carbon ar gyfer gwartheg biff yn amrywio **o 1-15 kg CO₂e / kg ar sail pwysau marw** gyda chyfartaledd **o 8 kg CO₂e/kg DW (Ffigur 2)**, ac roedd lefelau dal a storio carbon ar gyfer yr unig fferm odro yn yr astudiaeth hon yn **0.1 kg CO₂/kg** (Ffigur 3). Roedd lefelau dal a storio carbon ar ffermydd yr astudiaeth yn isel o'i gymharu â lefel yr allyriadau, gan wrthbwysu ar gyfartaledd **28%** o gyfanswm yr allyriadau.

Roedd dadansoddiad o ddalfeydd carbon yn debyg ar draws pob fferm, gyda'r amcangyfrifon o lefelau dal a storio carbon uchaf o dir glas a'r priddoedd, 53% ar gyfartaledd, ac yna 24% o goetiroedd (Ffigur 4). Roedd cyfraniad dal a storio carbon gan goetir yn amrywio ychydig rhwng mathau o ffermydd, er enghraifft ar ffermydd iseldir, roedd coed ar eu pen eu hunain yn cyfrif am gyfran sylweddol uwch o ddal a storio carbon fesul coetir. Roedd hyn oherwydd yr amrywiad sylweddol yng nghanran y gorchudd coed ar ffermydd, gyda rhai yn dweud nad oedd ganddynt goed na gwrychoedd. Yn aml, mae diffyg gwybodaeth fanwl am faint o wrychoedd, coed unigol ac ardaloedd o goetir sydd ar ffermydd, felly mae lefel uchel o ansicrwydd yn perthyn i'r amcangyfrifon o orchudd coetir. Roedd gorchudd coetir ar bob fferm yn gymharol isel, gyda choetir yn amrywio o 1-11% o gyfanswm arwynebedd y ffermydd. Dim ond un fferm oedd yn bodloni gofynion y Cynllun Ffermio Cynaliadwy newydd, a oedd yn amlinellu'n ddiweddar y gallai fod angen i bob fferm gael o leiaf 10% o orchudd coed i dderbyn y taliad cyffredinol sylfaenol (Llywodraeth Cymru, 2022).



Ffigwr 4:

Dadansoddiad o lefelau ddalfeydd dal a storio carbon fferm gyfan ar gyfartaledd ar draws ffermydd yr astudiaeth. Nodwch fod gwerthoedd <0.5% yn ymddangos fel 0% yn sgil eu talgrynnu

Mae nifer o ffactorau yn dylanwadu ar y ffigyrau hyn, er enghraifft, mae ffermydd mynydd yn fwy tebygol o fod wedi plannu coed fel cysgod ar gyfer eu hardaloedd mwy agored. Mae rheoli coetiroedd presennol hefyd yn bwysig gan fod cyfyngiad ar faint o garbon y gall coed ei ddal a'i storio, mae coed ifanc yn dal a storio mwy ac mae'r lefel yn gostwng yn raddol dros amser, felly os nad yw coetiroedd yn cael eu rheoli'n iawn, efallai na fydd carbon yn cael ei ddal a'i storio'n effeithiol. Mae hefyd yn werth tynnu sylw yma, mai coed ifanc a blannir mewn coetir newydd, ac er y byddant yn dal ac yn storio mwy o garbon yn raddol dros y blynyddoedd, ni fydd hyn yn cael ei adlewyrchu wrth gyfrifo'r carbon y flwyddyn y cânt eu plannu. Lle bod modd sicrhau cymhellion ariannol, mae'n bosibl i lefel uchel o garbon gael ei ddal a'i storio am gost gymharol isel, a hefyd o bosibl sicrhau buddion ychwanegol ar ffurf bioamrywiaeth, rheoli llifogydd a gwella lles anifeiliaid (Burgess, 2017).

Credir yn aml fod gwrychoedd yn gyfrannwr pwysig at ddal a storio carbon ar ffermydd, fodd bynnag, roedd eu potensial i wrthbwysu yn gymharol isel yn yr astudiaeth hon. Nid yw Adnodd Bangor yn tybio nad oes unrhyw swm net o garbon yn cael ei ddal a'i storio mewn gwrychoedd a dorrir yn y flwyddyn sampl, sy'n golygu na fydd gwrychoedd a reolir yn cyfrif tuag at ddal a storio carbon. Gallai gadael i wrychoedd dyfu'n lletach ac yn uwch, a pheidio â'u torri bob blwyddyn, fod yn opsiwn cost isel i wella lefelau dal a storio carbon ar ffermydd.

Hefyd, nid oedd y broses o ddal a storio carbon mewn gwlyptiroedd yn sylweddol ar draws ffermydd yr astudiaeth, gan gyfrannu llai nag 1% o gyfanswm y carbon sy'n cael ei ddal a'i storio ar draws pob fferm. Fodd bynnag, os oes gan ffermydd ardaloedd o fawn diraddiedig y gellid eu hadfer i gyflwr o ddefnydd gwell, yna gallai hyn arwain at fanteision amlwg i ôl troed carbon y fferm (Leifeld and Menichetti, 2018).

Y borfa oedd i gyfrif am y rhan fwyaf o'r lefelau dal a storio carbon ar bob fferm, fodd bynnag, mae dal a storio carbon (neu allyriadau) o bridd yn dibynnu ar nifer o newidynnau gan gynnwys hinsawdd, math o bridd, defnydd/rheolaeth y tir, argaeledd dŵr ac, yn bwysicaf oll, y deunydd organig sydd yn y pridd (Freibauer et al., 2004). Ystyrir yn bennaf bod systemau porfa'n cynrychioli dalfa garbon (*carbon*

sink), fodd bynnag, cydnabyddir bod diffyg data cadarn ar gyfer llif carbon blynyddol (Ostle et al., 2009). Mae llawer o drafod ynghylch y posibilrwydd o ddal a storio carbon mewn pridd mewn systemau porfa yn y DU, fodd bynnag, p'un ai a yw priddoedd yn ffynhonnell garbon neu'n ddalfa garbon - mae hynny'n dibynnu ar lawer o ffactorau gan gynnwys hinsawdd, math o bridd, rheolaeth a'r deunydd organig yn y pridd. Heb samplu pridd dro ar ôl tro dros nifer o flynyddoedd, mae'n anodd amcangyfrif yn gywir lefelau dal a storio carbon y pridd, am sawl rheswm. Yn gyntaf, mae unrhyw newidiadau mewn carbon pridd yn digwydd yn araf iawn, felly mae pennu cyfraddau dal a storio carbon yn ei hanfod yn anodd. Yn ail, mae carbon pridd yn ddibynnol iawn ar y math o bridd ydyw, ac oherwydd heterogenedd ym mhriddoedd Cymru, sawl math o bridd ar nifer o ffermydd, e.e. priddoedd mwynau ac organig gyda phriodweddau cyferbyniol, bydd cyfraddau dal a storio carbon yn amrywio. Yn olaf, mae rheoli priddoedd yn bwysig ar gyfer cyfraddau dal a storio carbon, a gallai'r modd y rheolir y pridd amrywio'n fawr hyd yn oed rhwng gwahanol gaeau ar yr un fferm. Gyda'i gilydd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod cyfrifiadau dal a storio carbon mewn pridd yn seiliedig ar lawer o ragdybiaethau ac amcangyfrifon, ac mae hynny'n esbonio'n rhannol y gwahaniaethau mewn gwerthoedd rhwng gwahanol adnoddau asesu.

Er bod y gallu i wneud enillion pellach sylweddol o ran dal a storio carbon mewn priddoedd yn ansicr, roedd nifer o'r ffermydd yn yr astudiaeth yma yn gweithredu mesurau a allai fod yn hyrwyddo'r broses o ddal a storio carbon mewn priddoedd. Yn gyntaf, gall tail anifeiliaid pori ar borfeydd parhaol wella lefelau carbon organig pridd, tra bod y mewnbynnau maetholion o anifeiliaid pori yn hwyluso twf biomas a'r carbon uwchben y ddaear cysylltiedig, bydd cyfran (dail marw) yn dychwelyd i'r pridd a thrwy hynny'n cyfrannu at garbon pridd (Leake et al., 2006).

Mae'n debygol bod rhai ffermydd yn yr astudiaeth yn gweithredu dull pori cylchdro mewn rhannau o'u daliadau o leiaf. O'i gymharu â systemau stocio set, mae systemau cylchdro yn golygu bod y borfa'n cael cyfnodau o 'orffwys' i ddod ati'i hun ar ôl cael ei phori, gall hynny wella cynnyrch y borfa'n gyffredinol. Yn ei dro, dylai hyn hefyd gynyddu twf gwreiddiau a thrwy hynny, mewnbynnau carbon i'r pridd, fel y nodwyd gan nifer cyfyngedig o astudiaethau blaenorol (Teague et al., 2011). Fel y trafodwyd yn gynharach, gall ail-hadu arwain at golledion carbon o briddoedd; fodd bynnag, mae'n debygol y bydd y broses o ddal a chadw carbon yn cynyddu ar ôl ail-hadu'r pridd gan adfer rhai o'r colledion carbon hynny. Yn ddiweddar, dangoswyd bod gan galch fanteision ymylol i garbon pridd trwy gynyddu'r prif faetholion sydd ar gael gan leihau'r angen i wrteithio a gwella cnwd (Gibbons et al., 2006). Fodd bynnag, cynhyrchir CO₂ pan wasgarir calch, ac mae methodoleg PAS 2050 a fabwysiadwyd yn yr astudiaeth hon yn golygu bod angen cyfrifo'r holl gynnwys carbonad-carbon sy'n cael ei wasgaru ar y pridd a'i drosi'n CO₂e. Roedd y rhan fwyaf o ffermydd yn yr astudiaeth hon yn calchu'r priddoedd yn rheolaidd i gynnal targed pH ond roedd faint o galch a ddefnyddiwyd yn ystod y flwyddyn sampl yn golygu mai bach iawn oedd y cyfraniad i allyriadau nwyon tŷ gwydr.

Er bod yr amcangyfrifon o lefelau dal a storio carbon yn ansicr, mae'r data'n dangos bod llawer o ffermydd yn storio lefelau sylweddol o garbon yn eu priddoedd a'u coetiroedd. Bydd y potensial i gynyddu'r lefel ymhellach yn helpu ffermydd sy'n cymryd rhan i symud tuag at sero net.

Cyfyngiadau

Rhaid ailadrodd bod y canlyniadau a gyflwynir yma yn seiliedig ar ddata a ddarparwyd gan y ffermwyr yn yr astudiaeth.

Fel yr amlygwyd drwy gydol yr adroddiad hwn, mae'n bwysig cofio rhagdybiaethau a chyfyngiadau niferus y broses ôl troed carbon. Un o'r meysydd mwyaf ansicr, fel y soniwyd yn flaenorol, yw'r amcangyfrifon o lefelau dal a storio carbon yn enwedig mewn pridd, a hynny'n rhannol oherwydd y wybodaeth gyfyngedig am garbon pridd ond hefyd yn rhannol oherwydd yr ansicrwydd yn y data a

fewnbynnyd. Cafodd y data yn yr astudiaeth hon ei chofnodi gan y ffermwyr eu hunain ac er gwaethaf yr ymdrech i wirio data, rhaid cydnabod bod gwallau'n bosibl. Mae'r holl adnoddau'n seiliedig ar nifer o ragdybiaethau, er enghraifft, er gwaethaf yr adnodd a ddewiswyd yn yr astudiaeth hon, AgRECalc, gan ddefnyddio ffactorau allyriadau a restrwyd i gynhyrchu olion traed, bydd yr allyriadau yn dibynnu ar bwysau anifeiliaid a faint o bwysau y maen nhw'n ei ennill - byddai mesur hyn yn golygu llawer mwy o waith i'r ffermwyr.

Mae maes arall o ansicrwydd yn ymwneud â natur gymysg y ffermydd yn yr astudiaeth, gan ei bod yn fwy heriol cynhyrchu ôl troed cadarn ar gyfer mentrau fferm gymysg oherwydd rhaid i fewnbynau ac allyriadau gael eu dyrannu gan allbwn economaidd sy'n gallu dylanwadu ar ôl troed ar gyfer cynnyrch penodol. Daw hyn yn fwy amlwg ar ffermydd lle mae un fenter yn gyfrifol am gyfran sylweddol o incwm y fferm, er enghraifft, bridwr pedigri sy'n gwerthu anifeiliaid gwerth uchel o un rhywogaeth.

Yn olaf, er bod samplu am flwyddyn yn fodd i gymharu'n decach rhwng ffermydd, mae yna lawer o ffactorau, fel tywydd eithafol, a all newid o flwyddyn i flwyddyn, gan arwain at amrywioldeb uchel o ôl troed o fewn y flwyddyn. I ddatrys hyn, yn ddelfrydol byddai data'n cael ei gasglu dros nifer o flynyddoedd ar gyfer pob fferm.

Casgliadau

Cyfrifo ôl troed carbon gwaelodlin fferm gyfan yw'r cam cyntaf allweddol i leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr a symud tuag at sero net. Gall mesur ôl troed carbon helpu i nodi pa arferion rheoli sy'n cael effaith gadarnhaol neu negyddol ar gydbwysedd carbon fferm. Yn ogystal â galluogi ffermwyr i fonitro newidiadau i'w hôl troed carbon dros amser, mae hefyd yn fodd i feincnodi rhwng ffermydd a gall dynnu sylw at feysydd aneffeithlon lle mae'n bosibl lleihau allyriadau. Mae hyn yn hwyluso'r broses o rannu arfer gorau rhwng ffermydd, yn enwedig o fewn grŵp agos fel yn y prosiect EIP hwn, lle mae'r naill yn helpu'r llall yn y grŵp i symud tuag at sero net. Ni ddylid tanbrizio pwysigrwydd a gwerth trafodaeth o'r fath rhwng ffermydd (Hyland et al., 2016).

Cynhyrchodd y ffermydd yn yr astudiaeth lefelau allyriadau sy'n nodweddiadol o wartheg bîff a defaid (ac un fferm odro) yn y DU (Craig, 2020). Fodd bynnag, dylid bod yn ofalus wrth nodi unrhyw fanylyn oherwydd amrywioldeb, ansicrwydd, a goddrychedd y broses, gall bob un o'r rhain gallu effeithio ar gywirdeb y canlyniad terfynol. Mae hefyd yn bwysig peidio â gor-ddehongli'r ffigyrau na'u cymryd yn rhy lythrennol. Dylid osgoi cymharu canlyniadau o astudiaethau gwahanol oherwydd y gwahaniaethau methodolegol rhwng adnoddau a'u heffeithiau ar yr ôl troed sy'n deillio o hynny.

Er bod maint bach y sampl yn ei gwneud hi'n anodd dod i gasgliad cadarn, roedd yn ymddangos nad oedd math o fferm yn ffactor pwysig sy'n effeithio ar gyfanswm neu allyriadau net, fodd bynnag, fe effeithiodd ar y mewnbynau a ddefnyddiwyd a'r allbynau a gynhyrchwyd. Ymddengys bod ffermydd ar draws pob system gynhyrchu yn amrywio o ran effeithlonrwydd, fodd bynnag, dylid nodi bod newidiadau yn nifer y stoc, yn enwedig ar ddwy fferm (un sy'n cadw llai o wartheg ac un yn cynyddu nifer y gwartheg), yn debygol o ddylanwadu ar y canlyniadau.

Roedd yn amlwg bod nifer o ffermydd yn gynhyrchwyr effeithlon, gan gynhyrchu arddwyseddau allyriadau cymharol isel. Mae yna lawer o ffyrdd i ffermwyr sicrhau enillion effeithlonrwydd gan gynnwys gwella ansawdd genetig da byw, sicrhau bod dietau gwahanol ddsbarthiadau da byw'n addas, lleihau baich clefydau, gwella'r modd y rheolir porfa, a phrynu llai o borthiant a chyflwyno codlysiau i leihau faint o wrtaith a ddefnyddir. Mae llawer o'r opsiynau hyn yn cynrychioli senarios lle mae pawb ar eu hennill ac yn sicrhau cynhyrchiant ac enillion economaidd yn ogystal â lleihau nwyon tŷ gwydr.

Roedd mwyafrif yr allyriadau nwyon tŷ gwydr o ffermydd yn yr astudiaeth yn deillio o dda byw cnoi cil (methan o eplesiad enterig) ac ocsid nitrus o briddoedd, gydag allyriadau o fewnbynau (ee tanwydd, porthiant, a gwartaith) yn gymharol isel. Mae'r allyriadau hyn yn anodd eu lleihau, felly ni fydd yn bosibl cyrraedd targed sero net trwy enillion effeithlonrwydd yn unig. Gallai buches lai a diadell fwy cynhyrchiol leihau cyfanswm yr allyriadau, ac os yw'n arwain at enillion effeithlonrwydd, yna byddai hefyd yn lleihau arddwysedd allyriadau.

Mae'r astudiaeth hon yn tynnu sylw at bwysigrwydd dal a chadw carbon mewn coetir a phriddoedd i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr. Yn gyffredinol, gwahaniaeth bach a wnaeth y lefelau dal a storio carbon i allyriadau cyffredinol, gan gyfateb i 28% o gyfanswm allyriadau nwyon tŷ gwydr ar gyfartaledd. Bydd allyriadau gweddilliol bob amser yn bodoli felly bydd angen dal a storio carbon bob amser i sicrhau targed o sero net ar ffermydd. Bydd cynyddu gorchudd coed ar ffermydd yn chwarae rhan bwysig wrth gynyddu lefelau dal a storio carbon a symud tuag at sero net. Gall targedu coedwigo ar dir llai cynhyrchiol leihau arddwysedd allyriadau wŷn a gwartheg biff trwy wella effeithlonrwydd cyffredinol y system, gan hefyd leihau cyfanswm allyriadau net y fferm.

Rhan 2: Rheoli gwrychoedd

Mae rheoli gwrychoedd ffermdiroedd yn strategaeth addawol ar gyfer storio carbon i liniaru newid hinsawdd, ond mae diffyg data empirig am gyfansoddiad, strwythur a chynnwys carbon rhywogaethau. Mae gwrychoedd a gaiff eu rheoli drwy eu plygu a'u tocio bob tair blynedd gan ddefnyddio ffust fecanyddol yn ffurfio strwythur trwchus wedi'i brysgoedio sy'n cynnwys cannoedd ar filoedd o goesynnau fesul hectar gan roi gwerthoedd o ran uchder, lled a stoc carbon sy'n amrywio rhwng tua 2–6 m, 2–4 m a 20–40 t C ha⁻¹ yn y drefn honno (e.e., Axe *et al.* 2017, Drexler *et al.* 2021).

Mae'r adroddiad hwn yn crynhoi canlyniadau gwaith arloesol sy'n defnyddio technoleg ddaearol tLiDAR (*terrestrial Light Detection and Ranging*) i fesur cyfaint prenaidd gwrychoedd llydanddail uwchben y ddaear heb eu dinistrio. Ar gyfer y prosiect hwn, defnyddiwyd dull sydd wedi hen sefydlu ei hun i ailgreu Model Strwythur Meintiol (QSM: *Quantitative Structure Model*) yn awtomatig ar gyfer pob coeden mewn llain o goedwig ar sail y data tLiDAR (Raumonen *et al.* 2013, 2015) ar wrychoedd yng Nghymru.

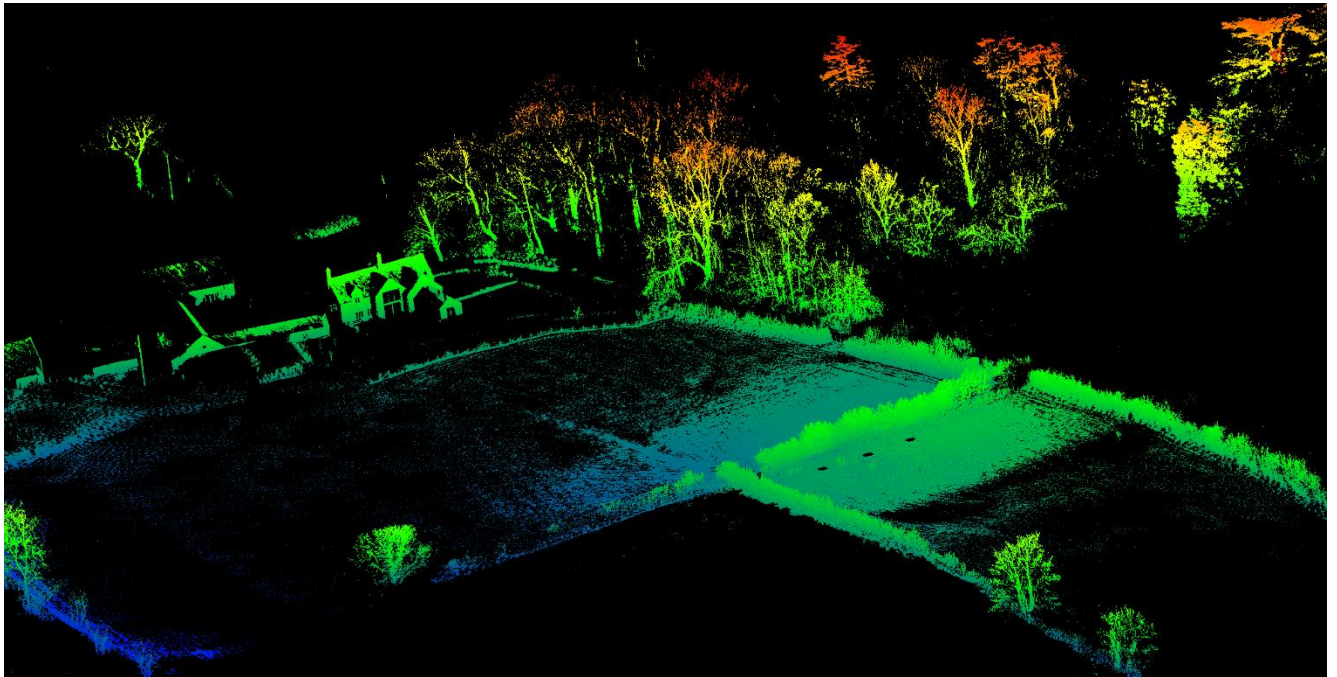
Cafodd gwrychoedd llydanddail eu mapio yn 3D ger Llangasty Tal-y-llyn yn ystod gaeafau 2022 a 2023 (Ffigurau 1 a 2). Roedd y gwrychoedd yn cynnwys rhywogaethau amrywiol, ond y ddraenen ddu yn bennaf, 85–90% (*Prunus spinosa* L.), y ddraenen wen (*Crataegus monogyna* Jacq.) a choed cyll (*Corylus avellana* L.) gyda rhywfaint o wernen (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.), mieri (*Rubus fruticosus* L.), rhosod gwyllt (*Rosa canina*) a choed celyn (*Ilex aquifolium* L.). Yn ychwanegol at hyn, cafodd un dderwen aeddfed (*Quercus robur* L.) ac un onnen yn un o'r darnau o wrychoedd hyn eu sganio â laser yn ystod y prosiect. Mae gwrychoedd yng Nghymru yn cael eu rheoli'n gyffredinol gan gylchredau tocio a thorri, felly maent yn gymharol heterogenaidd o ran ffurf a siâp (Ffigur 1).

Cafodd setiau data mawr o gymylau pwyntiau eu dadansoddi ar gyfer y prosiect hwn (Ffigur 2). Er bod y dulliau hyn wedi cael eu defnyddio'n rheolaidd ers cryn amser ym maes coedwigaeth (e.e., Casella *et al.* 2020a, 2020b, 2022), mae'n hysbys bod cyfyngiadau yn gysylltiedig â hwy ac mae'r gymhariaeth rhwng y canlyniadau a gyflwynir yn yr adroddiad hwn yn amlygu un o'r problemau sy'n gysylltiedig â rhoi amcangyfrif cywir o gyfaint coesynnau pan maent ar wasgar mewn strwythurau wedi'u tocio sydd mor drwchus a chymhleth.

Mae rhan olaf yr adroddiad hwn yn cyflwyno awgrymiadau ar gyfer gwaith dilynol, gan gynnwys gwir fesuriadau ar y ddaear o stociau carbon a dwyseddau cymharol pren enwol yn y gwrychoedd a'r rhywogaethau a astudiwyd fel bod modd dilysu'r amcangyfrifon a gyflwynir yma mewn ffordd uniongyrchol.



Ffigur 1. Llundain yn dangos lleoliad y gwrychoedd a ddeviswyd (adrannau 1-10), a'r dderwen a'r onnen (yn adran 8) a ddefnyddiwyd yn y prosiect hwn ($51^{\circ}55'10.42''\text{N}$ - $3^{\circ}15'55.07''\text{O}$, Llangasty Tal-y-llyn, Wales). Ffynhonnell: Google Earth Pro © 2013 Google LLC.

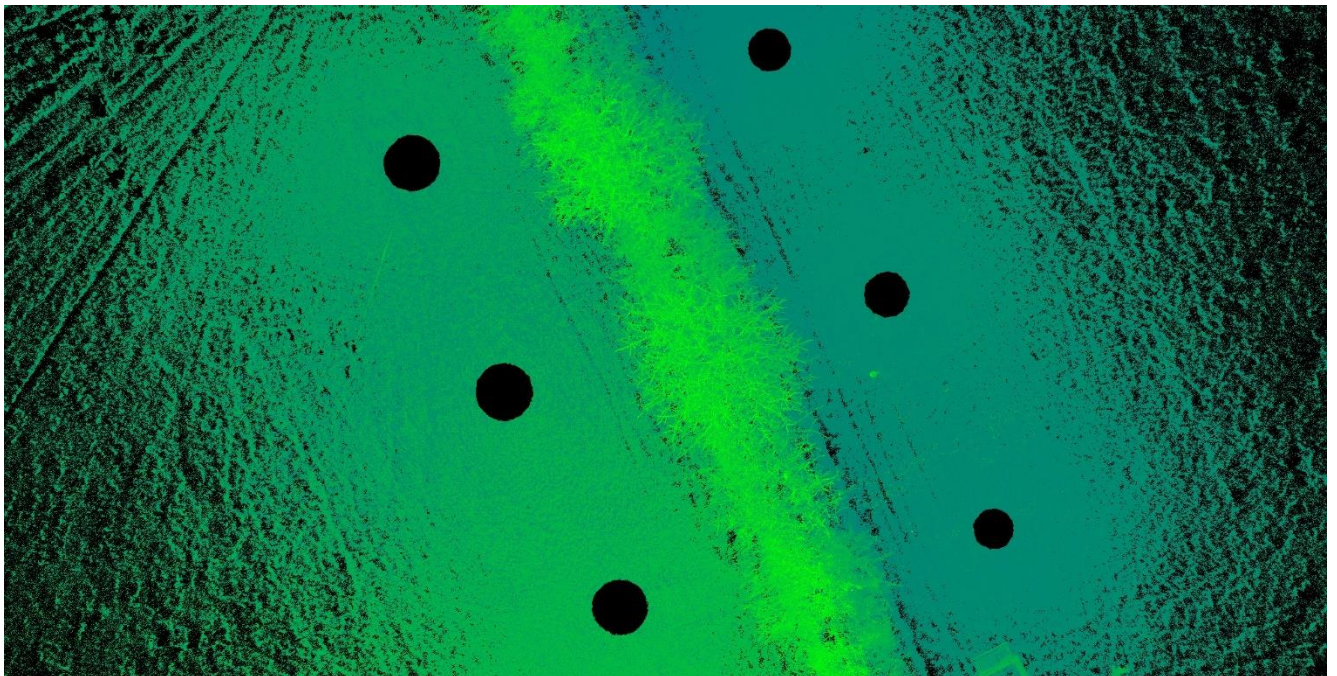


Ffigur 2. Enghraifft o'r map 3D o ardal o ffermdir wedi'i gynhyrchu gan gyfrifiadur o gymylau pwyntiau a gofnodwyd gan tLiDAR ym mis Ionawr 2023 yn adran rhif 5 y gwrych (gweler Ffigur 1). Mae'r lliwiau yn cynrychioli uchder y ramp gyda gwerthoedd z yn amrywio rhwng 0 a 47 m ($n \sim 285\text{M}$ o bwyntiau).

Defnydd a Dulliau

Cafodd yr astudiaeth ei chynnal yn ystod gaeafau 2022 a 2023 ar ffermdir ym Mharc Cenedlaethol Bannau Brycheiniog, yn ne-ddwyrain Cymru. Dewiswyd deg ardal o wrychoedd, 30m o hyd, a oedd yn cynrychioli'r amrediadau a nodwyd o ran strwythur a stoc carbon a chawsant eu geo-leoleiddio (Ffigur 1) cyn eu mapio yn 3D ym mis Mawrth 2022 a mis Ionawr 2023.

Cafodd data daearol LiDAR eu casglu mewn amodau sych, gyda gwynt o gyflymder isel (hyd at 4.5 m s^{-1}) gan ddefnyddio sganiwr cae cludadwy un-dychweliad, symudiad cydwedd Focus^S 350 (FARO Technologies Inc., FL, USA). Roedd y sganiwr yn cynnwys drych a oedd yn cylchdroi 360° mewn asimwth o 310° yn y dyrchafiad maes gweld. Mae tonfedd y paladr laser o fewn band isgoch y sbectrum golau ($\sim 1550 \text{ nm}$). Cydraniad samplonglog y sganiwr oedd 0.018° i'r ddau gyfeiriad, gyda chywirdeb amrediad o tua 0.001 m ar gyfer uchafswm diamwys o 350 m . Roedd gosodiadau'r sganiwr yr un peth ar gyfer yr holl ymgyrchoedd casglu data. Wrth sganio, cafodd y sganiwr ei osod ar drybedd gadarn gyda ffynhonnell y laser tua 1.5 m uwchben lefel y ddaear wedi'i lefelu'n fanwl gan y system synhwyro gogwydd electronig fewnol.



Ffigur 3. Llun wedi chwyddo i mewn ar wrych (adran rhif 5, gweler Ffigurau 1 a 2) yn dangos y gosodiad ar gyfer caffael cymylau pwyntiau y prosiect hwn: mae'r smotiau du yn dangos lleoliad y chwe sgan o bobtu i'r gwrych.

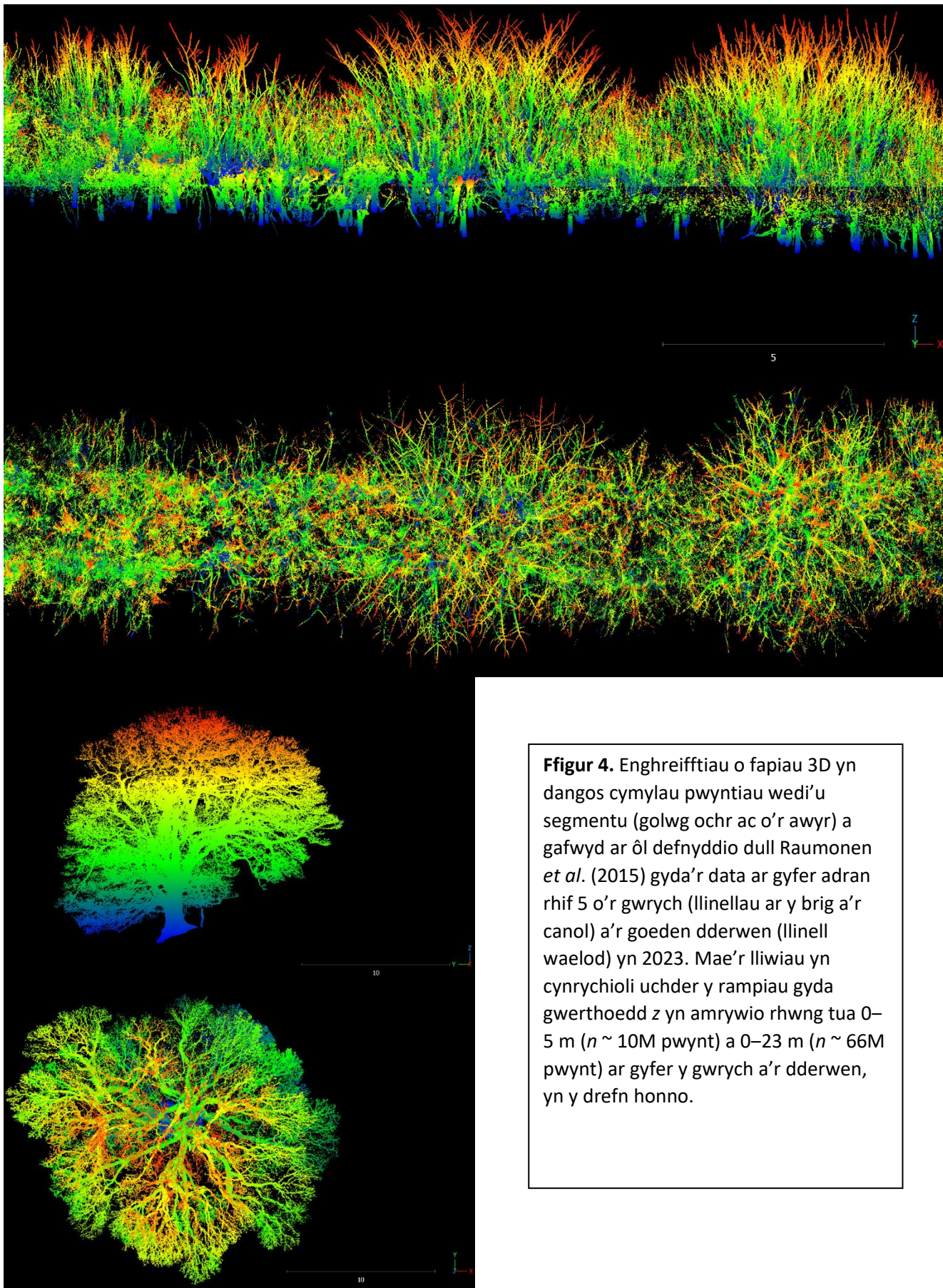
Ar gyfer pob adran o'r gwrychoedd a ddewiswyd, cafodd cymylau pwyntiau eu caffael o chwe safle sganio (tri o bobtu i'r gwrych) ar bellter o tua 15 m i ffwrdd o'i gilydd (Ffigur 3). Cyn sganio, cafodd chwe sffêr polystyren adlewyrchol (0.25 m o ddiamedr) eu gosod ar y ddwy ochr i'r gwrych i alinio cymylau pwyntiau niferus. Cafodd y sfferau eu gosod ar bolion alwminiwm 0.02 m o ddiamedr tua 5 m uwchben lefel y ddaear.

Ar gyfer y goeden dderwen, cafodd cymylau pwyntiau eu caffael o chwe safle sganio o amgylch y goeden ar α (yr asimwth) yn amrywio rhwng 0 (Gogledd) a 300° gan ddilyn cam gyfwng clocwedd 60° ar bellter o tua (ar gyfer $\alpha = 0, 120$ a 240°) a 30 m o'r coesyn. Cafodd y chwe sffêr polystyren adlewyrchol eu gosod o amgylch y goeden gydag α yn amrywio rhwng 30 a 330° , 10 m o'r coesyn. Cafodd y targedau eu gosod ar y polion tua 1 m uwchben lefel y ddaear. Cyn sganio, cafodd diamedr

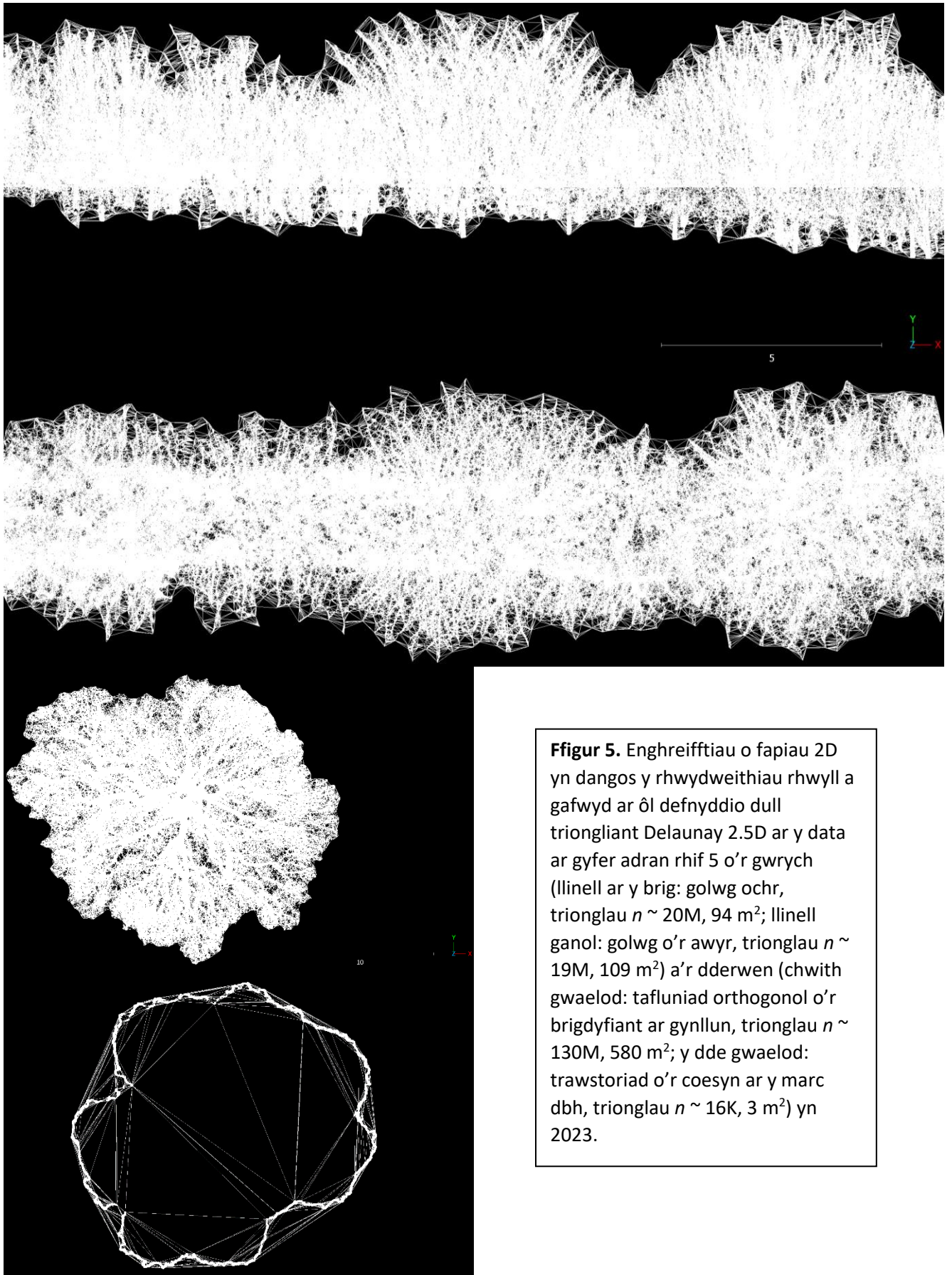
y coesyn ei gylchfesur ar uchder y frest (dbh, 1.3 m uwchben lefel y ddaear) gan ddefnyddio tâp ymchwil cylchfesur (cywirdeb o ± 0.001 m).

Yna cafodd y data eu manipwleiddio yn y ffyrdd canlynol: *i*) cafodd arteffactau a achoswyd gan gyfartaleddu'r amrediad neu ymyl effeithiol (*h.y.*, lle mae ymyl gwrthrych yn ymyrryd yn rhannol â'r paladr) eu datrys drwy raglenni meddalwedd hidlo ymlaen llaw ac ôl-brosesu (Rombourg, 2019; SCENE, FARO Technologies Inc., FL, USA); *ii*) cafodd yr holl gymylau pwyntiau unigol wedi'u hidlo eu halinio yn system Cartesaidd gyffredin gyfesurynnol gan ddefnyddio'r rhaglen SCENE (fersiwn 10.2.0.10355); *iii*) yna defnyddiwyd SCENE i dynnu'r adrannau o wrychoedd unigol o'r cwlwm pwyntiau global (a elwir yn gwlwm pwyntiau'r gwrych o hyn ymlaen) drwy symud pridd, llystyfiant anghysylltiedig a darnau o ffens o'r lleoliad â llaw; *iv*) yna cafodd cymylau pwyntiau'r gwrych eu segmentu yn unedau elfennol gan ddefnyddio'r dull a ddisgrifiwyd yn *et al.* (2015) (Ffigur 4) ac *v*) yn olaf, cafodd gwerthoedd cymedrig uchder, lled a chyfaint prenaidd uwchben y ddaear eu casglu o gwmwl pwynt wedi'i segmentu y gwrych drwy ategyn trionglu 2.5D Delaunay yn rhaglen feddalwedd CloudCompare (Version 2.14.4) (Ffigur 5) a'r adluniadau o Fodelau Strwythurol Meintiol (Fersiwn 2.4.1) a gyflwynwyd gan Raumonon *et al.* (2013) ac Åkerblom *et al.* (2015) (Ffigur 6). Dilynwyd yr un broses ar gyfer data'r goeden dderwen a'r ddraenen wen. At hyn, cynhyrwyd pum model QSM ym mhob achos oherwydd natur ar hap camau prosesu'r dull hwn.

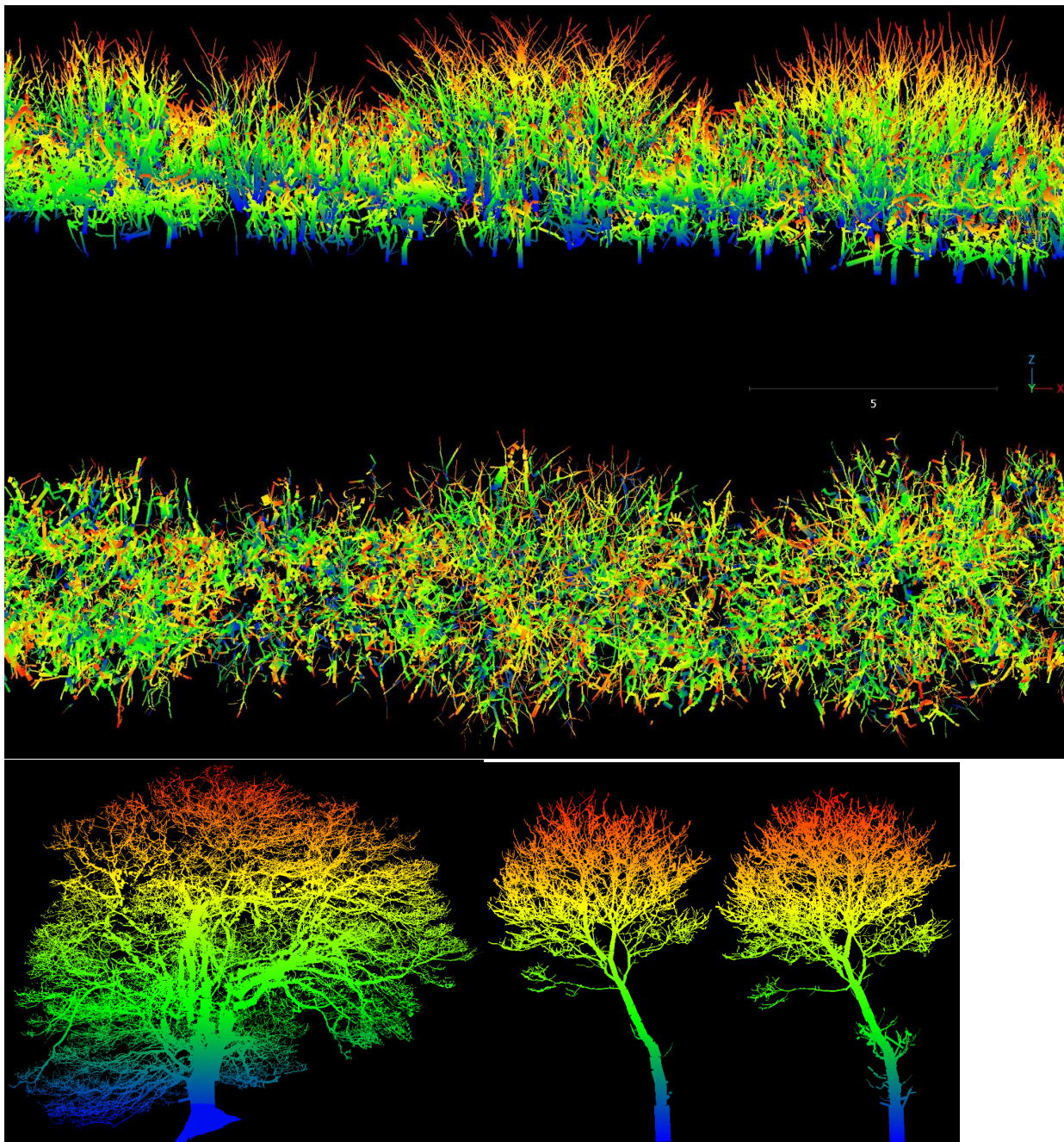
Cafodd y broses ei gweithredu yn MATLAB (R2023a) gan ddefnyddio system 4.9 GHz AMD Ryzen 9 yn seiliedig ar Windows 10 64-bit gyda 128 GB o RAM.



Ffigur 4. Enghreifftiau o fapiau 3D yn dangos cymylau pwyntiau wedi'u segmentu (golwg ochr ac o'r awyr) a gafwyd ar ôl defnyddio dull Raumonon *et al.* (2015) gyda'r data ar gyfer adran rhif 5 o'r gwrych (llinellau ar y brig a'r canol) a'r goeden dderwen (llinell waelod) yn 2023. Mae'r lliwiau yn cynrychioli uchder y rampiau gyda gwerthoedd z yn amrywio rhwng tua 0–5 m ($n \sim 10M$ pwynt) a 0–23 m ($n \sim 66M$ pwynt) ar gyfer y gwrych a'r dderwen, yn y drefn honno.



Ffigur 5. Enghreifftiau o fapiau 2D yn dangos y rhwydweithiau rhwyll a gafwyd ar ôl defnyddio dull triongliant Delaunay 2.5D ar y data ar gyfer adran rhif 5 o'r gwrych (llinell ar y brig: golwg ochr, trionglau $n \sim 20M$, 94 m^2 ; llinell ganol: golwg o'r awyr, trionglau $n \sim 19M$, 109 m^2) a'r dderwen (chwith gwaelod: tafluniad orthogonol o'r brigdyfiant ar gynllun, trionglau $n \sim 130M$, 580 m^2 ; y dde gwaelod: trawstoriad o'r coesyn ar y marc dbh, trionglau $n \sim 16K$, 3 m^2) yn 2023.



Ffigur 6. Enghreifftiau o fapiau 3D yn dangos y Modelau Strwythur Meintiol (golwg ochr ac o'r awyr) a gafwyd ar ôl defnyddio dull Raumonon *et al.* (2013) ar y data ar gyfer adran rhif 5 o'r gwrych (llinellau ar y brig ac yn y canol), y dderwen (chwith gwaelod, 2023) a'r onnen (dde gwaelod, yn 2022 a 2023). Mae'r lliwiau yn cynrychioli uchder y rampiau gyda gwerthoedd z yn amrywio rhwng 0 a 5 m (silindrau $n \sim 34M$), 0–22 m (silindrau $n \sim 94M$) a 0–11 m (silindrau $n \sim 12M$) ar gyfer y gwrych, y dderwen a'r onnen, yn y drefn honno.

Canlyniadau a thrafodaeth

Canlyniadau'r gwrychoedd yn y sampl

Mae amcangyfrifon unigol o'r strwythur uwchben y ddaear a chyfaint y defnydd prenaidd yn y deg adran o'r gwrychoedd wedi'u dangos yn Nhabl 1.

Tabl 1. Amcangyfrifon o'r strwythur uwchben y ddaear a chyfaint y defnydd prenaidd yn y deg adran o'r gwrychoedd. Mae'r cyfaint wedi'u mynegi mewn metrau ciwbig am bob uned o hyd y gwrych ($m^3 m^{-1}$) neu fesul uned o arwynebedd o'r ddaear ($m^3 m^{-2}$). Y gwerthoedd mewn print bras yw'r newidiadau a gofnodwyd (%) rhwng y ddau ddyddiad casglu.

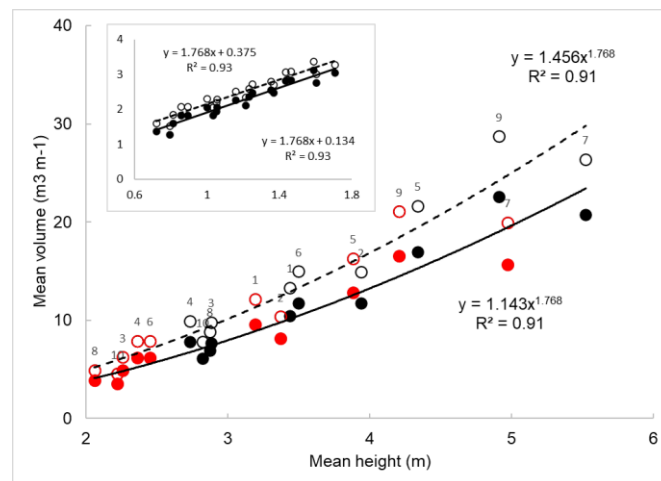
Blwyddyn	Strwythur						Defnydd prenaidd			
	Rhif yr adran	Hyd (l, m)	Uchder cymedrig (h, m)	Lled gymedrig (w, m)	Cyfaint cymedrig ⁺ ($m^3 m^{-1}$)	Cyfaint cymedrig ⁺ ($m^3 m^{-1}$)	Cyfaint cymedrig ($m^3 m^{-1}$)		Cyfaint cymedrig ($m^3 m^{-2}$)	
2022	1	31.03	3.19	3.82	12.184	9.570		0.0705		0.0185
	2	31.96	3.37	3.08	10.378	8.151		0.0593		0.0193
	3	27.96	2.26	2.77	6.256	4.914		0.0313		0.0113
	4	10.25	2.36	3.36	7.916	6.217		0.0444		0.0132
	5	21.74	3.88	4.20	16.316	12.815		0.0655		0.0156
	6	22.18	2.45	3.23	7.895	6.201		0.0332		0.0103
	7	31.16	4.97	4.01	19.958	15.675		0.0594		0.0148
	8	29.04	2.06	2.40	4.938	3.878		0.0297		0.0124
	9	30.48	4.20	5.02	21.087	16.562		0.0798		0.0159
	10	29.85	2.22	2.05	4.540	3.566		0.0272		0.0133
2023	1	31.03	3.43	3.88	13.321	10.463	9	0.0670	-5	0.0173
	2	31.96	3.94	3.79	14.926	11.723	44	0.0773	30	0.0204
	3	27.96	2.88	3.40	9.808	7.703	57	0.0589	89	0.0173
	4	10.25	2.73	3.64	9.930	7.799	25	0.0416	-6	0.0114
	5	21.74	4.34	4.99	21.649	17.003	33	0.0756	15	0.0151
	6	22.18	3.50	4.28	14.974	11.761	90	0.0662	99	0.0155
	7	31.16	5.52	4.79	26.421	20.751	32	0.1092	84	0.0228
	8	29.04	2.87	3.09	8.853	6.953	79	0.0559	89	0.0181
	9	30.48	4.91	5.85	28.739	22.572	36	0.1285	61	0.0220
	10	29.85	2.82	2.77	7.799	6.125	72	0.0588	117	0.0213

Amcangyfrifon o'r gwerthoedd yn seiliedig ar drawstoriad⁺ petryal ($v = h \cdot w$) neu⁺ eliptigol ($v = \frac{1}{2} \cdot h \cdot w \cdot \pi$) o'r gwrych.

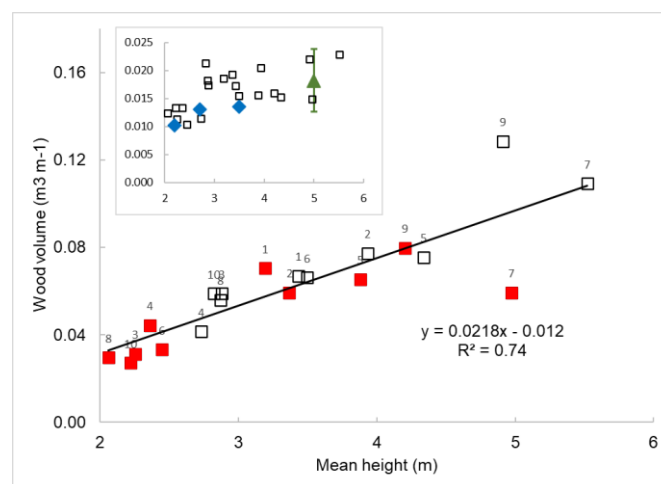
Roedd y gwrychoedd yn y sampl yn gymharol heterogenaidd o ran ffurf a siâp (gweler y mapiau 3D hefyd yn Atodiad 1). Roedd gwerthoedd yr uchder, lled a'r cyfaint cymedrig yn amrywio yn y drefn honno rhwng 2.06 a 5.52 m, 2.05 a 5.85 m a rhwng 3.9 a 22.6 $m^3 m^{-1}$. Roedd yr amrediadau hyn yn gyson â'r rhai a gafodd eu hadrodd gan Axe *et al.* (2017) a Drexler *et al.* (2021) pan gafodd gwrychoedd eu gadael heb eu tocio am gyfnod o tua thair blynedd. Yn y rhan fwyaf o achosion, roedd ein gwrychoedd wedi'u mapio'n dda gan y system tLiDAR (Atodiad 1), ond nid oedd hyn yn wir yn achos adran rhif 4. Ar y ddau ddyddiad samplu, roedd haen drwchus o fieri a glaswellt cymysg yn yr adran a oedd yn cuddio rhan isaf y gwrych yn fwy na'r rhannu uchaf pan gafodd data eu casglu (Atodiad 1). At hyn, cafodd adran rhif 1 ei thocio ar ddamwain yn ystod cyfnod tyfu 2022 (Atodiad 1), ac effeithiodd hyn ar allu'r dechneg i amcangyfrif newidiadau mewn cyfaint rhwng y ddau ddyddiad casglu.

Cafodd y paramedrau ffit gorau ar gyfer cyfaint (Ffigurau 7 ac 8) eu hasesu drwy gynnal dadansoddiad sensitifrwydd ar draws yr opsiynau paramedrau gwahanol. Roedd y dadansoddiadau sensitifrwydd ar gyfer pob un o'r chwe pharamedr yn dangos patrwm cyson ar draws cyfeintiau pan gawsant eu mynegi mewn metrau ciwbig fesul uned o hyd y gwrych ($m^3 m^{-1}$) gydag uchder cymedrig yn gyrru ffit gwell o ran cyfaint. Roedd yr amcangyfrifon ar gyfer cyfaint y pren yn amrywio rhwng 0.030 a 0.129 $m^3 m^{-1}$ a rhwng 0.010 a 0.023 $m^3 m^{-2}$. Roedd yr amrediadau hyn yn gyson â'r rhai a gafodd eu hadrodd gan Axe

et al. (2017) a Drexler *et al.* (2021) (Ffigur 8). Felly, cafodd cynnydd cyfartalog o 1.6 yng nghyfaint y pren (yn amrywio rhwng 0.9 a 2.2) ei ganfod yma rhwng y ddau ddyddiad casglu data tLiDAR.



Ffigur 7. Cyfanswm amcangyfrifedig y cyfaint uwchben y ddaear yn erbyn uchder cymedrig ar gyfer deg adran y gwrych (data wedi'u gofnodi yn Nhabl 1). Cafodd cyfeintiau eu hamcangyfrif yn seiliedig ar drawstoriad petryal (symbolau agored) neu eliptigol (symbolau caeedig) o'r gwrychoedd yn 2022 (symbolau coch) ac yn 2023 (symbolau du). Mewnosiad: trawsffurfiad \log_n o'r data.



Ffigur 8. Cyfanswm amcangyfrifedig y cyfaint pren uwchben y ddaear yn erbyn uchder cymedrig ar gyfer deg adran y gwrych yn 2022 (symbolau coch) ac yn 2023 (symbolau caeedig). Mewnosiad: rhyng-gymhariaeth â data cyhoeddiedig yn *Axe et al.* (2017, symbolau glas) ac yn *Drexler et al.* (2021, symbolau gwyrdd $\pm 1\sigma$) lle mae'r cyfeintiau wedi'u mynegi mewn metrau ciwbig o bren fesul uned o arwynebedd tir ($m^3 m^{-2}$).

Canlyniadau ar gyfer y coed yn y sampl

Mae'r amcangyfrifon unigol ar gyfer y strwythur uwchben y ddaear a'r cyfeintiau o ddeunydd prenaidd ar gyfer y ddwy goeden wedi'u dangos yn Nhabl 2.

Hyd yma, mae cywirdeb y dull QSM a ddefnyddir yma yn fwy na lefel o 95% ar gyfanswm amcangyfrifon y goeden uwchben y ddaear (Casella *et al.* 2020a, 2020b, 2022).

Tabl 2. Amcangyfrifon ar gyfer coed unigol ($\pm 1\sigma$) o ran y strwythur uwchben y ddaear a'r cyfaint o ddeunydd prenaidd. Y gwerthoedd mewn print bras yw'r newidiadau a gofnodwyd (%) rhwng y dyddiadau casglu.

Blwyddyn	Rhywogaeth	Coeden						Brigdyfiant				
		dbh [†] (m)	dbh (m)		Uchder (m)		Cyfaint pren (m ³)		Arwynebedd (m ²)		Diamedr cymedrig (m)	
2022	Onnen	0.43	0.44		10.99		1.61±0.02		38.5		7.0	
2023	Onnen	0.46	0.46	5	11.09	2	2.02±0.05	25	43.0	12	7.4	6
Data wedi'u cronni	Derwen	2.01	1.99	-	22.45	-	43.54±1.35	-	580.2	-	27.2	-

[†]Gwir werthoedd wedi'u mesur â thâp ymchwil cylchfesur.

O'i gymharu â 2022, gwelwyd cynnydd sylweddol iawn ($P < 0.001$) yng nghyfaint y deunydd prenaidd a'r paramedrau strwythurol yn 2023 yn achos yr onnen, a'r eithriad oedd y goeden dderwen aeddfed.

Casgliadau ac argymhellion ar gyfer camau nesaf

Yn seiliedig ar y gymhariaeth gyfyngedig bosibl ar y cam hwn, mae'r dechnoleg tLiDAR a'r dull a ystyriwyd yn ymddangos yn ddilys ar gyfer amcangyfrif biomas a stociau carbon uwchben y ddaear mewn gwrychoedd llydanddail heb ddail, a hynny heb eu difrodi. Mae'r dull hwn yn amcangyfrif cyfeintiau yn uniongyrchol o fesuriadau coesynnau a strwythur y gwrychoedd yn hytrach na defnyddio perthynas gyffredinol rhwng uchder a màs y coesynnau.

Mae cymhariaeth o'r amcangyfrifon o fetrau ciwbig y cyfaint coed fesul uned o arwynebedd y ddaear drwy ddefnyddio'r dull hwn â'r data sydd ar gael ar y data empirig yn y llenyddiaeth (*e.e.*, Axe *et al.* 2017, Drexler *et al.* 2021) yn dangos cyfatebiaeth dda.

Mae'r rhestr ganlynol yn argymhell ymchwiliadau pellach sy'n ychwanegu gwerthoedd at y gwaith a ddisgrifiwyd yma:

- Trosi'r cyfeintiau yn fiomasau gan ddefnyddio dwysedd cymharol pren enwol a lluosid amcangyfrifon y biomas â 0.5 i roi brasamcan o'r cynnwys carbon.
- Symud ymlaen i gynnal dadansoddiad sensitifrwydd o'r gadwyn awtomataidd (y dull) i fireinio'r paramedrau perthnasol pan gaiff y dull hwn ei ddefnyddio ar gyfer gwrychoedd.
- Addasu'r protocol ar gyfer caffael cymylau pwyntiau i wella perfformiad y dechnoleg LiDAR pan gaiff ei defnyddio ar gyfer strwythurau 3D prenaidd cymhleth lle mae lefel achliudiad y signal yn ffactor allweddol a all ddylanwadu ar ei bŵer cydrannu (*e.e.*, ar gyfer adran rhif 4).

Atodiadau

Atodiad 1: Adroddiadau ar gyfer Ffermwyr Unigol

Fferm 1

Cefndir

Mae'n hysbys bod nwyon tŷ gwydr yn cyflymu'r broses newid hinsawdd. Roedd y sector amaeth yn gyfrifol am 14% o holl allyriadau nwyon tŷ gwydr Cymru yn 2019 (Llywodraeth Cymru, 2019). O'r holl allyriadau nwyon tŷ gwydr amaethyddol, mae cyfran fawr o'r ganran hon yn cael ei gynhyrchu gan dda byw sy'n cnoi cil, gan gynnwys gwartheg biff a defaid, ac mae eplesiad enterig a'r defnydd o wrtaith yn ffynonellau nwyon tŷ gwydr pwysig. Mae Cymru wedi ymrwmo i leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr o 95% (o lefelau 1990) erbyn 2050 (Llywodraeth Cymru, 2019). Ar yr un pryd, mae defnyddwyr yn dod yn fwy ymwybodol o'r effaith mae eu dewisiadau deiet yn ei chael ar allyriadau nwyon tŷ gwydr, ac mae rhai yn dewis rhoi'r gorau i fwyta cig coch, neu o leiaf leihau faint o gig coch maent yn ei fwyta, ar y sail y bydd hyn yn lleihau eu heffeithiau amgylcheddol. Mae'r sector cig coch o dan bwysau sylweddol felly i leihau ei allyriadau nwyon tŷ gwydr. Dyna pam ein bod yn ddiolchgar iawn i chi am gymryd rhan yn yr astudiaeth hon, gan y bydd yn helpu'r diwydiant i ddeall lle gellir gwneud newidiadau cadarnhaol.

Beth yw olion traed carbon?

Mae olion traed carbon ffermydd yn cynnig manylion am faint o nwyon tŷ gwydr sy'n cael eu hallyrru'n uniongyrchol ac yn anuniongyrchol o ganlyniad i weithgareddau yn gysylltiedig â ffermio. Mae'r wybodaeth a gyflwynir yn yr adroddiad hwn yn ymwneud ag ôl-troed carbon eich fferm. Yn ogystal â hyn, mae'n tynnu sylw at feysydd i'w gwella, ac yn rhoi rhagor o wybodaeth am fesurau ac arferion posibl a fydd yn lleihau ôl-troed carbon eich fferm ac yn gwella ei heffeithlonrwydd. Mae ein dull o ganfod eich ôl-troed carbon yn defnyddio data eich fferm am flwyddyn neu ragor i gyfrifo allyriadau nwyon tŷ gwydr o brif gynhyrchwyr eich fferm, e.e. wŷn, biff a/neu wartheg llaeth, gyda'ch ôl-troed carbon yn cael ei fynegi fesul kilogram (kg) o gynnyrch yn ystod y cyfnod hwnnw. Yna mae eich canlyniadau yn cael eu cymharu â ffermydd eraill sydd wedi'u cynnwys yn yr archwiliad hwn. Rydym hefyd yn amcangyfrif lefel storio carbon y fferm (h.y., faint o garbon sy'n cael ei ychwanegu at y pridd a'r llystyfiant, megis coed a gwrychoedd, dros gyfnod yr astudiaeth).

Mae llawer o adnoddau y gellir eu defnyddio i bennu ôl-troed carbon. Fel yr esboniwyd mewn adroddiadau eraill (e.e., CIEL, 2020; Taft et al., 2018), mae gan bob adnodd ei rinweddau, ac yn gyffredinol, mae'n bosibl taro bargaen yn nhermau lefel y manylder sydd ei angen (ac felly pa mor feichus yw'r broses), a'r cywirdeb. Gan fod adnoddau gwahanol yn defnyddio methodolegau gwahanol

(e.e., yr hyn maent yn dewis ei gynnwys, a'r hyn maent yn dewis ei hepgor), **ni ddylai ac ni ellir cymharu'n uniongyrchol** canlyniadau olion traed carbon a gynhyrchir drwy ddefnyddio adnoddau gwahanol.

Sut mae olion traed carbon yn cael eu cyfrifo?

Mae nwyon tŷ gwydr yn gysylltiedig â phob mewnbwn ar fferm, e.e., bydd pob litr o ddiesel neu bob tunnell o ddwysfwyd a ddefnyddir wedi cynhyrchu rhywfaint o allyriadau yn ystod y broses o'u cynhyrchu. Mae angen i'r allyriadau nwyon tŷ gwydr hyn sydd 'i fyny'r gadwyn' (neu 'oddi ar y fferm') gael eu cynnwys yn ôl-troed carbon eich cynnyrch. Cafodd ein holiadur ei gynllunio i gasglu data digonol i feintio i'r allyriadau i fyny'r gadwyn a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar eich fferm, a'u mynegi fel ôl-troed 'o'r crud i'r bedd'. Mae hyn yn golygu bod yr holl allyriadau a gynhyrchir o ffynonellau'r fferm (e.e., da byw, rheoli tail, priddoedd, a'r defnydd o ynni) wedi'u cynnwys yn yr ôl-troed. At hyn, amcangyfrifwyd lefelau storio carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) ar eich fferm. Ni wnaethom ystyried yr hyn sy'n digwydd i'ch da byw unwaith y byddant wedi gadael y fferm, er enghraifft, gwerthu neu brosesu.

Mae'r archwiliad hwn yn cyfrifo ôl-troed carbon cynhwysfawr fesul kg o gynnyrch pwysau marw (DW) allbynnau eich fferm (h.y., wŷn a bîff). Mae'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â holl fewnbynnau eich fferm wedi'u cyfrifo, ynghyd â'r allyriadau a gynhyrchwyd gan eich da byw yn ystod eu cyfnod ar eich fferm. Mae'r holl allyriadau hyn yn cael eu hadio, yna eu rhannu ag allbynnau eich fferm, gan ein galluogi i gyflwyno'r canlyniadau a fynegir fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (e.e., kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn). Mae gwerthoedd storio carbon yn cael eu mynegi yn yr un ffordd (mae'r storio sy'n gysylltiedig â'ch fferm yn cael ei rannu â'r allbynnau), ac mae'r gwerthoedd storio yn cael eu tynnu o'r allyriadau i roi'r allyriadau net cyffredinol. Mae'n bwysig nodi bod yr uned fesur hon yn wahanol i **gyfanswm yr allyriadau**, oherwydd caiff ôl-troed carbon **cynnyrch** eich fferm ei bennu yma, yn hytrach nag ôl-troed y **fferm gyfan**. Gellir cymharu ôl-troed carbon y cynnyrch â ffermydd eraill (fel y gwneir yn yr archwiliad hwn), ond byddai ôl-troed carbon y fferm gyfan yn dibynnu ar faint y fferm, cyfanswm nifer y da byw, ac ati.

Mae cyfrifo ôl-troed carbon cynnyrch yn gywir yn heriol, ac mae'n ddibynnol iawn ar gywirdeb y data a dderbyniwyd. Cafodd cyfranogwyr drafferth cyflwyno rhai mathau o ddata. Yn yr achosion hyn, defnyddiwyd ffynonellau data cenedlaethol, enghreifftiau a gyhoeddwyd mewn gweithiau cyfeiriol yn y DU, neu amcangyfrifon wedi'u safoni yn eu lle.

Cafodd y data a ddarparwyd gennych eu mewnbynnu i gyfrifon storio AgRE Calc ac Adnodd Bangor, ac yna allforiwyd y canlyniadau o'r ddau adnodd a'u cyfuno i roi'r ôl-troed terfynol. Mae'r ddau adnodd wedi'u dilysu i safonau a gymeradwywyd (PAS2050) ac maent yn defnyddio ffigurau a ddefnyddir yn rhyngwladol i amcangyfrif yr allyriadau o arferion fferm penodol i gynhyrchu olion traed carbon. Mae'r ddealltwriaeth am botensial llystyfiant a phriddoedd i storio carbon yn gyfyngedig, ac felly mae amcangyfrifon storio eich fferm yn seiliedig ar ddealltwriaeth wyddonol gyfredol.

Mae sawl ffactor sefydlog yn dylanwadu ar olion troed carbon, yn ogystal â dewisiadau rheoli cymysg. Mae niferoedd da byw, priddoedd, faint o fewnbynau a ddefnyddir (e.e. porthiant a gwrtaith), ac ati, yn dylanwadu ar amrywiadau o ran allyriadau ffermydd. Fel yr esboniwyd uchod, mae'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r mewnbynau hyn yn cael eu rhannu â kg y cynnyrch pwysau marw a gynhyrchir ar fferm yn yr un flwyddyn. Efallai bydd gan rai systemau fewnbynau uchel ond allbynau uchel, neu bydd gan systemau eraill fewnbynau llawer llai, ond allbynau llai (a phob math o gyfuniadau rhwng y rhain). Yn y bôn, mae systemau mwy effeithlon yn defnyddio llai o fewnbynau fesul uned o allbwn a gynhyrchir, felly bydd ôl-troed carbon eu cynnyrch yn llai. Dylai ffactorau o'r fath gael eu hystyried pan fyddwch yn cymharu ôl-troed eich cynnyrch ag eraill, a hefyd pan fyddwch yn asesu pa fesurau sy'n briodol ac yn berthnasol i'ch fferm chi er mwyn lleihau'r ôl-troed carbon.

Gall olion troed carbon amrywio ar yr un fferm o flwyddyn i flwyddyn, e.e. oherwydd tywydd gwael, gan olygu bod rhagor o ddwysfwydydd wedi cael eu defnyddio yn ystod rhai blynyddoedd a/neu fod cyfraddau twf y da byw yn arafach nag arfer. Oherwydd hyn, ystyrid mai casglu data o'r un flwyddyn ar draws yr holl ffermydd fyddai orau er mwyn cymharu'n deg, ond yn ddelfrydol byddai data'n cael eu darparu am nifer o flynyddoedd a'u cyfartaleddu i sicrhau cywirdeb yr ôl-troed.

Mae ôl-troed carbon eich fferm wedi'i gyflwyno isod, ynghyd â'r pum fferm arall sy'n rhan o'r prosiect hwn. Er bod hyn yn eich galluogi i gymharu eich fferm â ffermydd eraill yn eich ardal, **rheid bod yn ofalus iawn wrth ddadansoddi canlyniadau'r gymhariaeth** gan fod ffermydd yn amrywio'n sylweddol o ran maint a math (e.e., ar fryn, ucheldir ac iseldir) a'r math o fusnes (e.e., bridio, pesgi, ac ati) – a fydd oll yn effeithio ar amcangyfrifon o ran allyriadau a storio.

Eich ôl-troed carbon

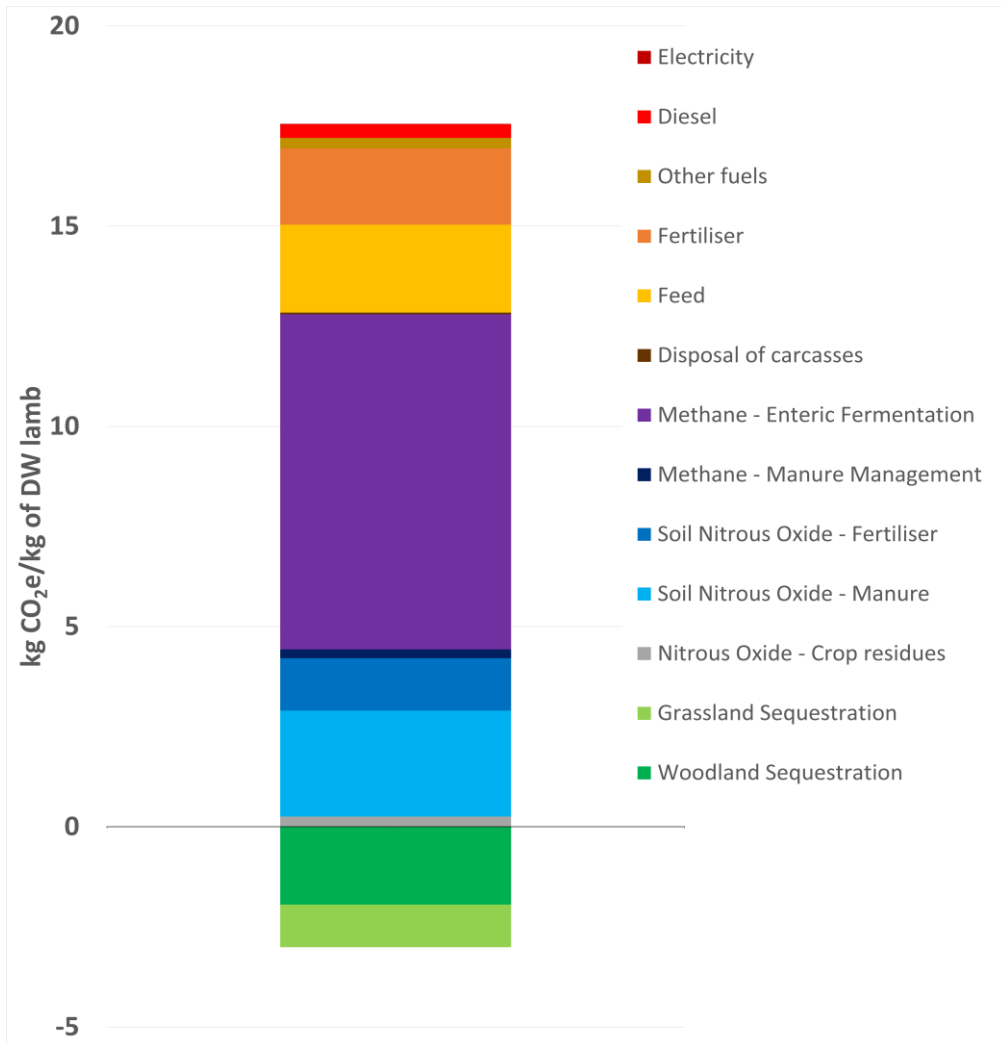
Mae olion traed carbon yn cael eu mynegi fel 'cyfateb i garbon deuocsid', neu CO₂e, sef yr holl nwyon tŷ gwydr a fesurir wedi'u trosi a'u mynegi fel un uned o nwyon tŷ gwydr cyfatebol, yn seiliedig ar eu gwerthoedd Potensial Cynhesu Byd-eang (*GWP: Global Warming Potential*) a ddefnyddir yn rhyngwladol gan y Panel Rhynglywodraethol ar Newid Hinsawdd (*IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change*). Y nwyon tŷ gwydr sydd wedi'u cynnwys yn eich ôl-troed, ac sydd wedi'u trosi yn CO₂e, yw carbon deuocsid (CO₂), ocsid nitrus (N₂O), a methan (CH₄). Y nwyon sy'n cael yr effaith fwyaf yw CH₄, a gaiff ei gynhyrchu'n bennaf gan dda byw a'i ryddhau i'r atmosffer drwy eplesiad enterig, a N₂O, sy'n digwydd yn bennaf yn y pridd, ar ôl defnyddio gwrtaith nitrogen a thail da byw, yn ogystal ag effaith wrin a baw y da byw sy'n pori ar y tir (wedi'u cynnwys yn adran "Ocsid Nitrus Pridd – Tail" yn eich ôl-troed). Mae storio tail yn rhyddhau'r ddau nwy hyn hefyd. Mae'r nwyon hyn yn gryf iawn yn nhermau GWP, ac mae'r adnodd yn defnyddio ffactorau GWP 25 a 298 ar gyfer CH₄ a N₂O, yn y drefn honno (IPCC, 2006). Mae hyn yn cyfateb i CH₄ â GWP sydd 25 yn fwy na CO₂, a N₂O â GWP sydd

298 gwaith yn fwy na CO₂, dros gyfnod o 100 mlynedd. Mae rhai gwyddonwyr yn dadlau bod hyn yn chwyddo'n artiffisial gyfraniad CH₄ i newid hinsawdd gan fod y CH₄ yn torri i lawr ar ôl 12-20 o flynyddoedd; fodd bynnag, fel yr esboniwyd yn gynharach, rydym wedi defnyddio lefel GWP sy'n cael ei gydnabod yn rhyngwladol o 25 ar gyfer CH₄, i gydymffurfio â'r dulliau a ddefnyddir gan yr IPCC. Mae defnyddio dulliau cydnabyddedig yn bwysig er mwyn sicrhau canlyniadau credadwy.

Gan fod eich fferm wedi cynhyrchu mwy nag un allbwn (wŷn a bîff), cafodd allyriadau busnes y fferm eu dyrannu rhwng allbynnau gwahanol ar sail economaidd, fel canran cyfanswm incwm y fferm o'r allbwn perthnasol. Mae defnyddio'r dyraniad economaidd yn y ffordd hon yn golygu bod modd "rhannu" beichiau cyffredin (e.e., o weithgynhyrchu a defnyddio gwrtaith ar ffermydd cymysg) ar ffermydd unigol rhwng allbynnau pwysau marw wŷn a bîff (BSI, 2011). Er enghraifft, pan fyddwch yn rhoi gwrtaith ar dir sy'n cael ei bori gan wartheg a defaid, os yw 60% o incwm eich fferm yn dod o'r gwartheg, yna bydd 60% o'r allyriadau sy'n cael eu hachosi gan y gwrtaith hwnnw yn cael ei ddyrannu i wartheg, a 40% i wŷn. Yn yr un modd, mae gwerthoedd storio wedi cael eu "rhannu" rhwng y mentrau gwahanol yn seiliedig ar ddyraniad economaidd. Mae'n bwysig ailadrodd y ffaith bod y canlyniadau a gyflwynir yma yn seiliedig ar y data a roddwyd i ni. Mae cywirdeb y canlyniadau yn dibynnu felly ar gywirdeb y data a ddarparwyd gennych.

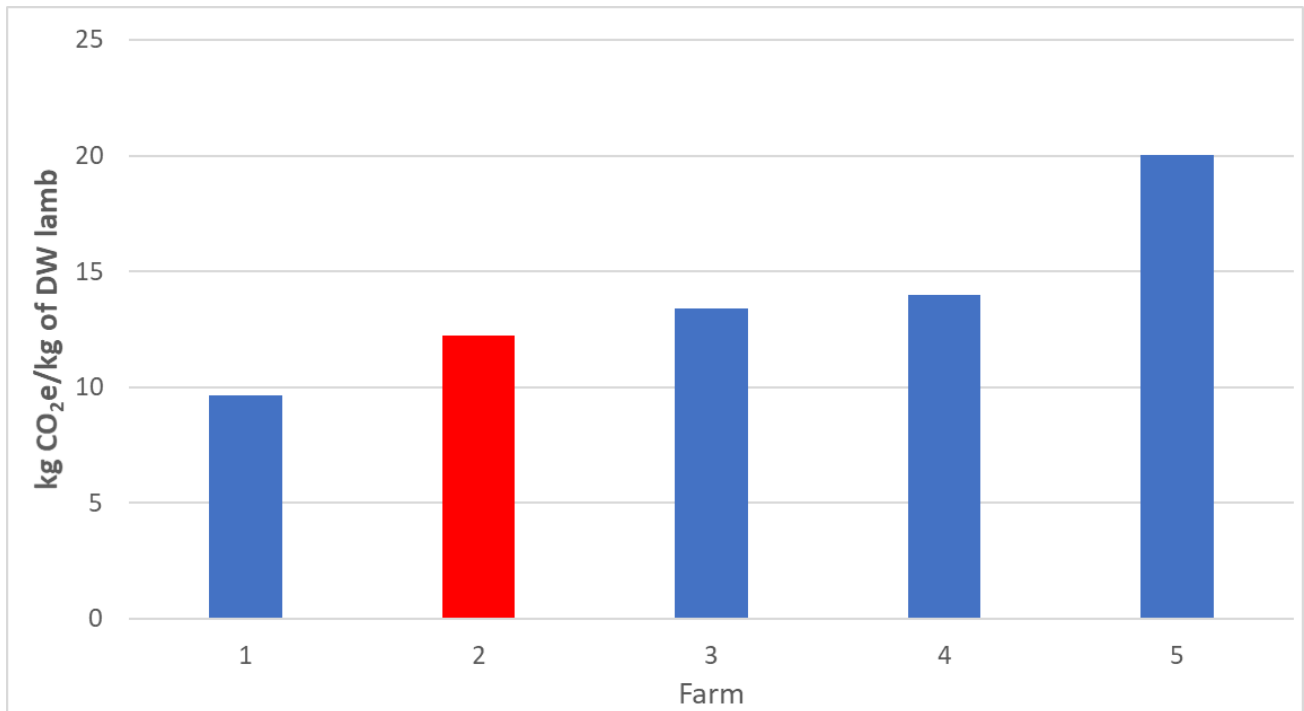
Ôl-troed carbon eich wŷn

Yn Ffigur 1, rydym yn cyflwyno cyfanswm allbwn CO₂e fesul kg o gynnyrch wŷn ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion am faint o garbon gafodd ei storio ar y fferm wedi'u dangos hefyd. Roedd cyfanswm eich allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyfateb i 17.8 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn (h.y., am bob kg o bwysau marw wŷn y gwnaethoch ei gynhyrchu, arweiniodd hyn at allyriadau o 17.8 kg o CO₂e). Roedd hyn yn is na'r cyfartaledd, sef 19.4 kg CO₂e/kg o bwysau marw wŷn ar gyfer ffermydd defaid yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau storio yn debyg i'r cyfartaledd hefyd, sef 5.6 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn (y cyfartaledd oedd 5.5 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn).



Ffigur 1: Ôl-troed carbon eich wŷn gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn a gwerthoedd negatif yn dangos storio carbon ar y fferm /kg pwysau marw wŷn.

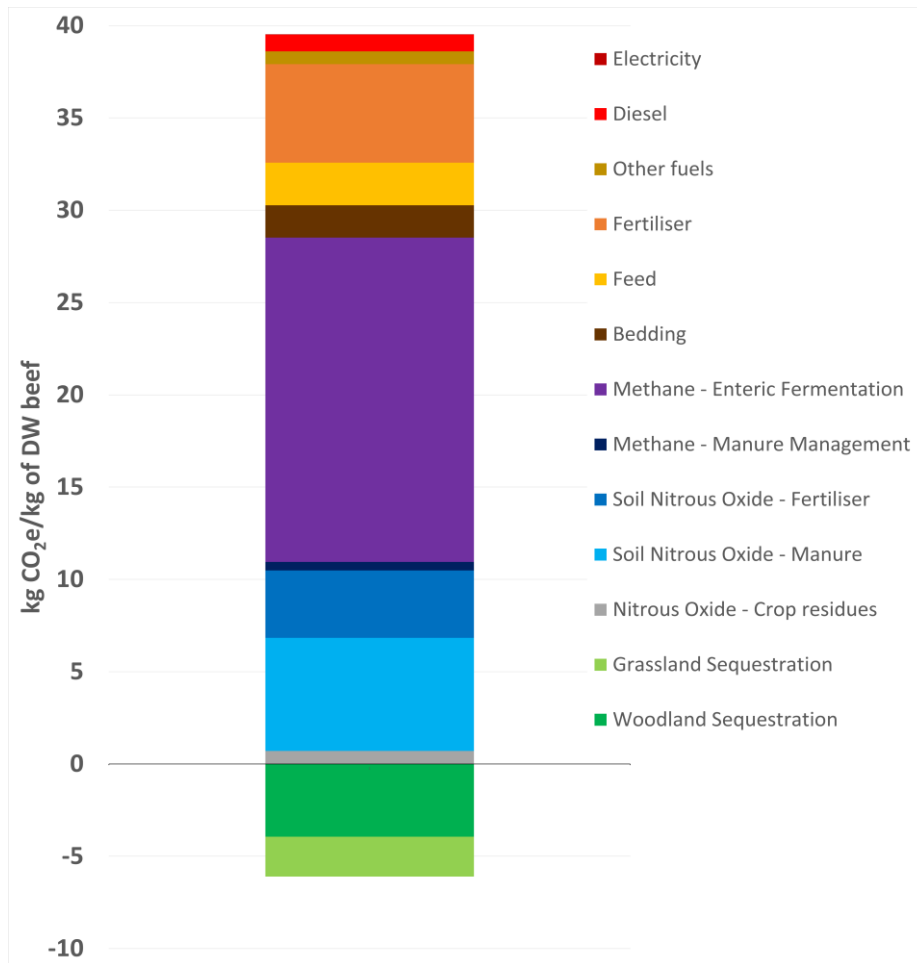
Roedd yr allyriadau nwyon tŷ gwydr ar gyfer ôl-troed carbon eich wŷn a'r storio ar y fferm **yn arwain at allyriadau net (kg o allyriadau CO₂e tynnu storio) o 12.2 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn**. Mae hyn wedi'i ddangos yn y bar coch yn Ffigur 2, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer yr holl ffermydd.



Ffigur 2: Allyriadau net ŵyn mewn kg CO₂e/ kg pwysau marw ŵyn ar y pum fferm ddefaid mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i dangos mewn coch.

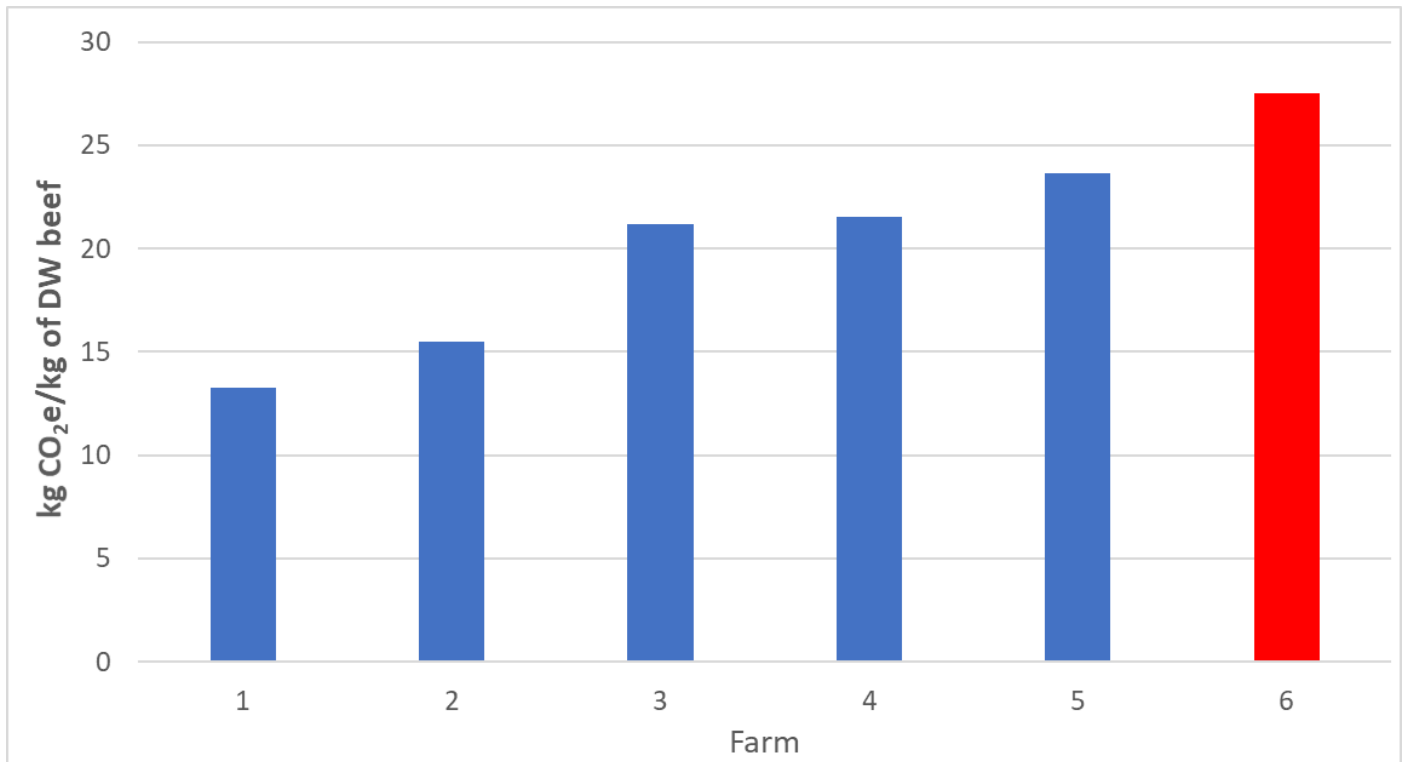
Ôl-troed carbon eich gwartheg bïff

Yn Ffigur 3, rydym yn cyflwyno cyfanswm yr allbwn CO₂e fesul kg o gynnyrch bïff ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion am faint o garbon gafodd ei storio ar y fferm wedi'u dangos hefyd. Roedd cyfanswm eich allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyfateb i 39.5 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff, ac roedd yn uwch na'r cyfartaledd o 28.4 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff ar gyfer ffermydd bïff yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau storio yn uwch na'r cyfartaledd ar gyfer yr holl ffermydd, sef 12.0 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff (y cyfartaledd oedd 8.0 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff). Dylid nodi bod allyriadau yn cael eu mynegi fesul kg o'r cynnyrch ac oherwydd y cynnydd yn nifer y gwartheg ar eich fferm yn ystod blwyddyn y sampl, mae'n bosibl bod eich ôl-troed yn fwy nag y byddai yn ystod blwyddyn arferol.



Ffigur 3: Ôl-troed carbon eich bïff gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg pwysau marw bïff a gwerthoedd negatif yn dangos storio carbon ar y fferm /kg pwysau marw bïff.

O ran eich menter bïff, **yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) oedd 27.4 CO₂e/kg pwysau marw bïff**. Mae hyn wedi'i ddangos yn y bar coch yn Ffigur 4, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer yr holl ffermydd.



Ffigur 4: Allryriadau net bïff mewn kg CO₂e/ kg pwysau marw bïff y chwe fferm bïff mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i dangos mewn coch.

Lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch

Gwella effeithlonrwydd

Gall mesurau sy'n ceisio lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch arwain at wella perfformiad da byw hefyd, ac o bosibl, cynnydd yn elw'r fferm. Gall rhai o'r mesurau fod yn berthnasol i fferm benodol, ac efallai na fyddant mor effeithiol neu mor gymwys i'ch fferm chi. Un enghraifft bosibl o hyn fyddai'r gost, ymdrech ac anymarferoldeb sy'n gysylltiedig â meithrin ac ailhau porfeydd ar y bryniau yn hytrach na'r iseldir, lle gall y costau economaidd ac amgylcheddol fod yn fwy na'r enillion posibl. Oherwydd hyn dylid rhoi blaenoriaeth i'r mesurau hynny sy'n cael eu hystyried yn effeithiol ac yn ymarferol ar gyfer eich fferm. Dyma'r mesurau posibl ar gyfer gwella effeithlonrwydd:

- Un o'r strategaethau mwyaf effeithiol yw *optimeiddio deiet anifeiliaid*. Gall hyn leihau'r angen am ddwysfwyd, lleihau costau porthiant, a gwella cyfraddau twf, gan olygu bod angen llai o ddyddiau pesgi (felly bydd llai o CH₄ yn cael ei allyrru yn ystod oes yr anifail)
- Bydd *gwelliant genetig* yn helpu i leihau nifer y dyddiau cyn lladd anifeiliaid ac yn gwella cyfraddau twf, gan arwain at lai o allyriadau cysylltiedig yn ystod oes yr anifail. Gall y mesur hwn arwain at gynyddu'r pwysau marw hefyd heb gynyddu gofynion porthiant
- *Cynyddu canran yr ŵyn/lloi sy'n cael eu magu*, gan arwain at gynhyrchu mwy o kg fesul mamog/buwch, ac felly gostyngiad yn yr allyriadau sy'n gysylltiedig â'r famog /fuwch

- *Lleihau'r bwlch lloia* mewn systemau gwartheg sugno. Mae cyfnod lloia estynedig yn golygu bod baich nwyon tŷ gwydr gwartheg llawndwf anghynhyrchiol yn cael ei ysgwyddo gan anifeiliaid eraill. O ystyried mäs y corff uchel gwartheg llawndwf, gallant gyfrif am gyfran sylweddol o'r allyriadau sy'n gysylltiedig â'r defnydd o borthiant ac eplesiad enterig. Gall cyfnod lloia estynedig arwain at ragor o aneffeithlonrwydd yn y camau cynhyrchu hwyrach, fel problemau yn ymwneud â bwydo anifeiliaid yn y ffordd orau bosibl ar gamau twf gwahanol
- *Ŵyna ŵyn benyw/hesbinod* lle bo'n ymarferol ac yn ddichonadwy yn ogystal â *gostwng oedran heffrod pan fyddant yn lloia am y tro cyntaf*, gan arwain at fwy o allbwn (kg a gynhyrchir) ar oedran iau (a fyddai'n 'anghynhyrchiol' fel arall), ac felly gostyngiad yn y nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r ŵyn benyw /heffrod yn y cyfnod hwn yn eu bywyd (ac felly, yn ystod eu hoes)
- *Lleihau baich afiechydon* (e.e., lleihau colledion o ganlyniad i erthyladau, cloffni, niwmonia) neu barasitiaid (e.e. llyngyr gastroberfeddol) all gael effeithiau sylweddol iawn ar berfformiad a gwerth da byw, gan leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr am bob kg a gynhyrchir
- *Gwella'r ffordd caiff tail/slyri ei storio a'i ddefnyddio* (e.e., osgoi eu defnyddio yn ystod y gaeaf), gall hyn leihau allyriadau ac ar yr un pryd leihau'r angen i brynu gwrtaith gan fod gwell defnydd yn cael ei wneud o'r maetholion yn y cynnyrch
- *Gwella'r dulliau o reoli glaswelltir*, gan leihau'r angen i brynu dwysfwydydd a gwella cyfraddau twf
- *Defnyddio codlysiâu* (planhigion sy'n cynyddu'r nitrogen mewn priddoedd yn naturiol, fel meillion). Gall hyn ychwanegu ffynhonnell werthfawr o borthiant o ansawdd uchel a dyfwyd ar y fferm, a lleihau'r angen i brynu gwrtaith
- Wrth ailhau, gwelwyd bod *gweiriau â chrynodiad carbohydrad dŵr hydawdd* uchel ("gweiriau uchel mewn siwgr") yn lleihau allyriadau N₂O o systemau porfeydd drwy leihau faint o nitrogen gaiff ei ysgarthu gan anifeiliaid sy'n pori ar y gweiriau hyn o'i gymharu â gwair confensiynol
- *Cyflwyno cnwd porthiant fel rhan o system cylchdroi glaswellt neu gnwd âr*. Gall hyn leihau'r baich o ran plâu a chwyn, gan leihau'r defnydd o chwynladdwyr a phlaleiddiaid a lleihau eu hallryiadau cysylltiedig (er yr ystyried bod y defnydd o'r agro-gemegion hyn yn rhy isel i'w gynnwys yn yr archwiliad hwn).

Gwella storio

Mae storio carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) yn rhoi cyfle gwerthfawr i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar y fferm. Rydym yn amcangyfrif bod storio yn gwrthbwysu tua 38% o gyfanswm ôl-troed eich fferm. Mae glaswelltir yn cyfrif am ganran sylweddol o'r storio ar eich fferm. Mae hyn yn ddisgwyliedig, gan fod cyfran fawr o'ch tir yn cael ei reoli fel glaswelltir. Fodd bynnag, roedd storio carbon mewn coetir yn gwrthbwysu 24% o ôl-troed eich fferm hefyd.

Gwnaethom amcangyfrif faint o garbon oedd yn cael ei storio yn eich pridd, yn seiliedig ar yr wyddoniaeth gyfredol. Mae llawer o drafodaeth ynglŷn â'r potensial i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir gan dda byw drwy storio carbon yn y systemau glaswelltir sydd mor amlwg yng Nghymru. Fodd bynnag, mae gallu priddoedd amaethyddol i weithredu naill ai fel suddfan (storio carbon) neu fel ffynhonnell (rhyddhau carbon) yn dibynnu ar nifer o newidynnau eang, gan gynnwys hinsawdd, math o bridd, defnydd tir/rheolaeth tir, y dŵr sydd ar gael ac, yn bwysicaf oll, cynnwys deunydd organig y pridd (Freibauer et al., 2004). Heb gymryd samplau yn y maes i fesur gwir newid yn lefel y carbon yn y pridd, mae'n anodd amcangyfrif yn gywir faint o garbon sy'n cael ei storio ynddo. Yn gyntaf, mae'r newidiadau yn lefel y carbon yn y pridd yn tueddu i ddigwydd yn araf (dros nifer o flynyddoedd), felly mae pennu cyfraddau storio yn heriol (ar y llaw arall, mae cyfrifo'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â mewnbynnau fferm yn llawer haws). Yn ail, mae lefel y carbon yn y pridd (a'r potensial i storio) yn ddibynnol iawn ar y math o bridd, ac mae'r potensial i storio mewn priddoedd ysgafn, mwynol yn llawer uwch nag mewn priddoedd sy'n cynnwys llawer o ddeunydd organig, gan fod y gyfradd storio yn arafu gydag amser (Ostle et al., 2009). Mae natur heterogenaidd priddoedd Cymru, lle mae gan lawer o ffermydd ardaloedd amrywiol yn cynnwys mwy nag un math o bridd, o ddwysedd gwahanol, yn ychwanegu at y cymhlethdod hwn. Yn drydydd, bydd y dull o reoli'r priddoedd hyn yn cael effaith drawiadol ar y gyfradd storio neu gollu carbon, ac mewn rhai achosion, er bod hyn yn llai amlwg mewn systemau porfeydd, efallai bydd angen newid y dulliau rheoli yn aml (gwahaniaethau yn y cylchredau cnydio, mewnbynnau, ac ati). Yn bedwerydd, hyd yn oed os oes data ar gael ar gyfer y pridd, gall gwahaniaethau yn y protocolau samplo wrth fesur newidiadau yn lefel carbon y pridd gael effeithiau mawr iawn ar y canlyniadau; er enghraifft, samplo ar ddyfnderau gwahanol, ac oherwydd yr amrywiaeth o briddoedd mewn cae, ac ati. (Dawson a Smith, 2007). Gyda'i gilydd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod yn rhaid dibynnu llawer felly ar ragdybiaethau ac amcangyfrifon wrth ragfynegi potensial storio systemau glaswelltir. Mae'r heriau hyn yn helpu i esbonio yn rhannol pam mae amcangyfrifon o werthoedd storio priddoedd ar ffermydd yn benodol yn amrywio yn dibynnu ar yr adnoddau gwahanol ar gyfer asesu carbon (Taft et al., 2018), a dylid bod yn ofalus iawn felly wrth eu dehongli. Gall y capasiti i wneud enillion sylweddol pellach o ran storio fod yn gyfyngedig mewn priddoedd o dan laswelltiroedd parhaol gan fod llawer ohonynt yn debygol

o fod yn gytbwys o ran carbon (mae lefelau allyriadau a storio wedi'u cydbwysu) (CIEL, 2020). Mae rhai yn dadlau y gall pori cylchdro gynyddu lefel y carbon mewn pridd, ond ar hyn o bryd nid oes digon o wyddoniaeth gadarn i bennu hyn. Yn yr achosion hynny lle'r oedd system pori cylchdro ar waith, ni chafodd hyn ei ystyried yn yr archwiliad hwn, gan fod amcangyfrif cyfraddau storio mewn priddoedd a reolir drwy'r dull hwn yn anodd iawn heb gymryd samplau manwl o'r pridd, fel y nodwyd eisoes.

Bydd y potensial a'r gyfradd storio mewn coetiroedd a gwrychoedd yn amrywio yn ôl ffactorau fel y rhywogaethau a blannwyd, hyd cylchdro'r coetir, amllder ffustio a phlygu gwrychoedd, mathau o bridd, a hinsawdd (Ostle et al., 2009). Fodd bynnag, daeth astudiaeth ddiweddar i'r casgliad bod sectorau biff ac ŵyn Seland Newydd bron iawn â chyrraedd sefyllfa garbon niwtral oherwydd y gorchudd coetir cymharol uchel ar ffermydd o'r fath (cymedr o 15%) gan gyfrif am storio sylweddol i wrthbwysu allyriadau (Beef and Lamb New Zealand, 2020). Mae hyn yn pwysleisio'r rôl bwysig y gall coed ei chwarae i storio carbon ar ffermydd. Dylid annog mesurau sy'n amddiffyn, ac yn wir sy'n gwella, lefel carbon mewn pridd, ynghyd â chyfleoedd i wella'r dull o reoli coed a gwrychoedd sydd eisoes yn bodoli, ochr yn ochr â phlannu coed yn strategol ar ffermydd da byw yng Nghymru. Mae mesurau posibl i wella lefelau storio yn cynnwys:

- *Gadael i wrychoedd dyfu'n uwch ac yn lletach.* Gallai hyn fod yn ffordd syml a rhad o gynyddu cyfraddau storio ar fferm, yn ogystal â chynnig gwell lloches i dda byw a bywyd gwyllt
- *Sefydlu gwrychoedd a choed ychwanegol mewn lleoliadau addas,* e.e. ar hyd llinellau ffensys, ar dir anghynhyrchiol. Gallai hyn wneud cyfraniad pwysig i leihau ôl-troed carbon y fferm gyfan unwaith y bydd y coed yn cyrraedd y cam lle mae cyfraddau storio yn uchel. Yn ogystal â storio carbon uwchben y ddaear ac mewn pridd, gall coed a gwrychoedd a gaiff eu plannu'n briodol wella effeithlonrwydd cynhyrchu hefyd drwy leihau colledion a cholledion ynni yn sgil gwella'r lloches a ddarperir
- Mae trin y tir cyn ailhau yn debygol o arwain at golli carbon o'r pridd, oherwydd bydd rhywfaint o'r carbon sydd wedi cronni yn cael ei golli wrth i facteria yn y pridd ei resbiradu. O safbwynt carbon, mae'n well *ailhau yn llai aml* (a dylai'r prif bwyslais fod ar reoli gwyndonnydd hŷn, fel eu bod yn dal i fod yn gynhyrchiol gan leihau'r angen i ailhau). Fodd bynnag, mae'r gyfradd storio yn debygol o gynyddu yn dilyn ailhau gan fod gwyndwn newydd yn cynhyrchu mwy, felly bydd yn adennill rhywfaint o'r carbon a gollwyd, nes y bydd y pridd unwaith yn rhagor yn cyrraedd sefyllfa o gydbwysedd. Os oes angen ailhau, mae'n well trin y tir gan ddefnyddio dulliau fel hau'n uniongyrchol neu dynnu croen hadau er mwyn lleihau faint o garbon sy'n cael ei golli o'r pridd a'r risg o erydiad
- *Cynnwys glastiroedd amlrywogaeth* ar ffermydd; hynny yw, cynnwys rhywogaethau â gwreiddiau dyfnach na glastiroedd rhygwellt yn unig. Gall rhywogaethau â gwreiddiau dwfn

storio carbon yn ddwfn yn y pridd, gan fod carbon y pridd yn cael ei grynhoi ym mharth gwreiddiau'r planhigyn (Thorup-Kristensen et al., 2020)

- *Mae gan borfeydd parhaol systemau gwreiddiau dyfnach hefyd yn gyffredinol na chnydau blynyddol gan fod rhywogaethau planhigion yn tyfu rhwydwaith o wreiddiau dyfnach dros amser, felly byddant yn cronni haenau dyfnach o garbon sy'n cael ei storio mewn priddoedd (Thorup-Kristensen et al., 2020)*
- *Gweithredu system bori cylchdro fanwl sy'n cael ei rheoli'n ofalus. Yn wahanol i systemau stocio sefydlog, mae systemau cylchdro yn cynnig cyfnodau o 'seibiant' i'r glaswellt ymadfer ar ôl ei bori, a gall hyn wella cynnyrch y glaswellt yn gyffredinol os caiff ei bori ar y cam pan mae'r glaswellt yn tyfu fwyaf (Dawson a Smith, 2007). Yn ei dro, dylai hyn hefyd olygu bod y gwreiddiau yn tyfu'n fwy gan gynyddu mewnbynnau carbon i'r pridd. Fodd bynnag, mae gwir angen rhagor o ymchwil i ddilysu hyn, gan nad yw'r dystiolaeth wyddonol yn bodoli ar hyn o bryd. Mae'n bwysig nodi hefyd os nad yw'r amodau tir yn addas, y gall pori cylchdro arwain at gywasgu'r pridd a chreu dŵr ffo, a fyddai yn y pen draw yn cael effaith andwyol ar lefelau storio'r pridd. At hyn, pan fydd systemau o'r fath yn arwain at gynnydd yn nifer y da byw, mae angen ystyried sut gall y cynnydd mewn allyriadau CH₄ wrthbwysu unrhyw effeithiau cadarnhaol sy'n gysylltiedig â storio mwy o garbon yn y pridd. Er y gall hyn leihau dwysedd allyriadau eu cynnyrch, mae'n amlwg yn cael yr effaith wrthgyferbyniol yn nhermau cyfanswm allyriadau'r fferm, ac ni fyddai hyn yn helpu'r sector amaeth yng Nghymru i wireddu ei uchelgais o gyrraedd sero-net o ran allyriadau.*

Casgliadau ac argymhellion

Mae amcangyfrif yr allyriadau net sy'n gysylltiedig â chynhyrchu ŵyn a biff ar ffermydd Cymru drwy ganfod eu hól traed carbon yn ymarfer gwerthfawr er mwyn helpu ffermwyr i ystyried sut mae eu dulliau rheoli yn effeithio ar gydbwysedd carbon eu fferm. Yn ogystal â lleihau costau cynhyrchu o bosibl, gall ffermwyr sy'n gallu dangos eu cymwysterau amgylcheddol fod mewn gwell sefyllfa i farchnata eu cynnyrch yn fwy cadarnhaol i ddefnyddwyr yn y dyfodol. Dylid nodi hefyd y gall cynlluniau ariannu preifat a chyhoeddus yn y dyfodol wobrwyo ffermwyr am eu harfer da. Ni fu erioed fwy o angen i wella ein dealltwriaeth o sut gellir lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr ar ffermydd a/neu eu gwrthbwysu drwy storio carbon.

Mae canlyniadau eich archwiliad carbon a gyflwynir yma yn rhoi amcangyfrif yn seiliedig ar y data a ddarparwyd gennych. Pwysleisir unwaith yn rhagor bod canfyddiadau'r archwiliad hwn yn cael eu mynegi fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (kg CO₂e/kg pwysau marw ŵyn neu biff), ac nid cyfanswm allyriadau'r fferm. Mae eich busnes ŵyn wedi cynhyrchu allyriadau net

(kg allyriadau CO₂e tynnu storio) o 12.2 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷyn. O ran eich busnes bïff, yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) oedd 27.5 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff.

Uchelgais y sector amaethyddiaeth yng Nghymru yw bod yn sero-net o ran allyriadau nwyon tŷ gwydr, sef storio o leiaf yr un swm o garbon ag y mae'n ei allyrru. Roedd yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) yn bositif ar yr holl ffermydd a oedd yn rhan o'r prosiect hwn, h.y., ni wnaeth unrhyw fferm storio mwy o garbon na'r nwyon tŷ gwydr roedd eu gweithgareddau yn eu hallyrru. Er bod rhai eithriadau, ar y cyfan roedd storio yn gwneud gwahaniaeth bach yn unig i'r allyriadau net cyffredinol, gan wrthbwyso cyfwerth â 30% o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar draws yr holl systemau cynhyrchu. Er bod maint ein sampl ar gyfer yr astudiaeth hon yn fach, mae'r canlyniadau hyn yn awgrymu bod ffermydd Cymru yn wynebu her sylweddol i wireddu'r uchelgais sero-net. Mae lle i bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth hon roi mesurau ar waith i leihau ôl-troed carbon ei chynnyrch. **Er mwyn cyflawni hyn, bydd angen i ffermydd i) leihau allyriadau, a ii) storio mwy o garbon.**

O ran mesurau effeithlonrwydd, bydd diadell neu fuches sy'n cael ei rheoli'n dda yn arwain at y cyfraddau twf gorau o ran da byw, gan leihau faint o ddyddiau bydd anifeiliaid yn ei dreulio ar y fferm a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig. Mae hyn hefyd yn golygu bydd angen llai o fewnbynnau fel porthiant, a bydd llai o farwolaethau. Cyfraddau twf da byw yw swyddogaeth nifer o gynhyrchion – rhinweddau genetig yr anifeiliaid, eu deiet, iechyd anifeiliaid, a dylanwad newidynnau fel y tywydd, i enwi dim ond rhai. Byddai strategaethau sy'n gwneud y mwyaf o'r rhain yn gwneud synnwyr economaidd ac amgylchedd i ffermydd Cymru.

O ran lefelau storio, dylid annog cynnydd strategol yn y gorchudd coetir ar ffermydd Cymru oherwydd gall gynnig nifer o fuddion amgylcheddol, y tu hwnt i storio carbon, ac mewn llawer o achosion, gall arwain at fuddion o ran dichonoldeb economaidd busnesau fferm, yn enwedig os gall ffermwyr fanteisio ar gynlluniau i dalu am gostau sefydlu a/neu reoli. Yn y pen draw, mae'n debygol y bydd coed yn chwarae rhan bwysig i helpu'r sector da byw i symud tuag at allyriadau nwyon tŷ gwydr sero-net. Dylai mesurau sy'n cadw carbon yn y pridd gael eu rhoi ar waith, a dylid gwneud rhagor o ymchwil i brofi sut byddai gwella storio mewn priddoedd o dan systemau glaswelltir yn werth chweil iawn. Eto i gyd, mae'n bwysig cofio na ddylai mesurau i wella storio gymryd lle'r angen i leihau allyriadau yn gyffredinol, a dylai hyn fod y nod pennaf i sicrhau sector da byw sero-net yng Nghymru.

Fferm 2

Eich ôl-troed carbon

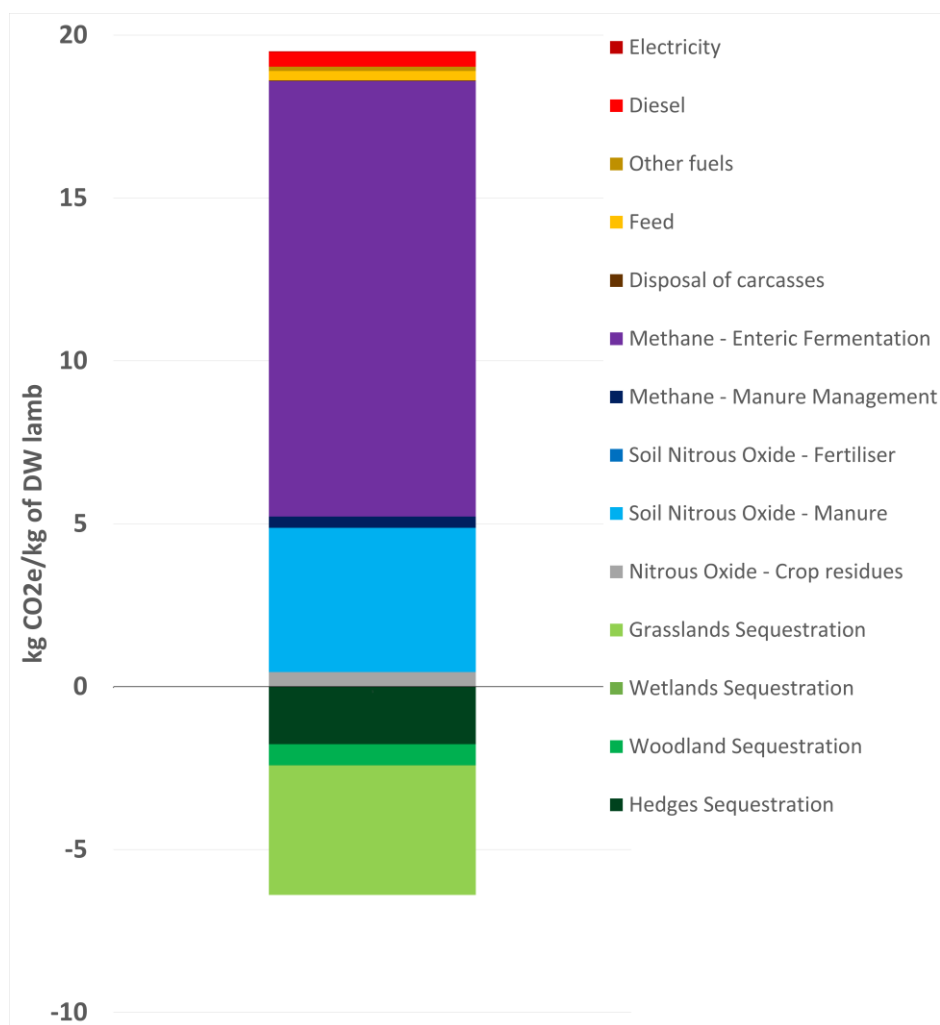
Eich ôl-troed carbon

Mae olion traed carbon yn cael eu mynegi fel 'cyfateb i garbon deuocsid', neu CO₂e, sef yr holl nwyon tŷ gwydr a fesurir wedi'u trosi a'u mynegi fel un uned o nwyon tŷ gwydr cyfatebol, yn seiliedig ar eu gwerthoedd Potensial Cynhesu Byd-eang (*GWP: Global Warming Potential*) a ddefnyddir yn rhyngwladol gan y Panel Rhynglywodraethol ar Newid Hinsawdd (*IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change*). Y nwyon tŷ gwydr sydd wedi'u cynnwys yn eich ôl-troed, ac sydd wedi'u trosi yn CO₂e, yw carbon deuocsid (CO₂), ocsid nitrus (N₂O), a methan (CH₄). Y nwyon sy'n cael yr effaith fwyaf yw CH₄, a gaiff ei gynhyrchu'n bennaf gan dda byw a'i ryddhau i'r atmosffer drwy eplesiad enterig, a N₂O, sy'n digwydd yn bennaf yn y pridd, ar ôl defnyddio gwrtaith nitrogen a thail da byw, yn ogystal ag effaith wrin a baw y da byw sy'n pori ar y tir (wedi'u cynnwys yn adran "Ocsid Nitrus Pridd – Tail" yn eich ôl-troed). Mae storio tail yn rhyddhau'r ddau nwy hyn hefyd. Mae'r nwyon hyn yn gryf iawn yn nhermau GWP, ac mae'r adnodd yn defnyddio ffactorau GWP 25 a 298 ar gyfer CH₄ a N₂O, yn y drefn honno (IPCC, 2006). Mae hyn yn cyfateb i CH₄ â GWP sydd 25 yn fwy na CO₂, a N₂O â GWP sydd 298 gwaith yn fwy na CO₂, dros gyfnod o 100 mlynedd. Mae rhai gwyddonwyr yn dadlau bod hyn yn chwyddo'n artiffisial gyfraniad CH₄ i newid hinsawdd gan fod y CH₄ yn torri i lawr ar ôl 12-20 o flynyddoedd; fodd bynnag, fel yr esboniwyd yn gynharach, rydym wedi defnyddio lefel GWP sy'n cael ei gydnabod yn rhyngwladol o 25 ar gyfer CH₄, i gydymffurfio â'r dulliau a ddefnyddir gan yr IPCC. Mae defnyddio dulliau cydnabyddedig yn bwysig er mwyn sicrhau canlyniadau credadwy.

Gan fod eich fferm wedi cynhyrchu mwy nag un allbwn (wŷn a bîff), cafodd allyriadau busnes y fferm eu dyrannu rhwng allbynnau gwahanol ar sail economaidd, fel canran cyfanswm incwm y fferm o'r allbwn perthnasol. Mae defnyddio'r dyraniad economaidd yn y ffordd hon yn golygu bod modd "rhannu" beichiau cyffredin (e.e., o weithgynhyrchu a defnyddio gwrtaith ar ffermydd cymysg) ar ffermydd unigol rhwng allbynnau pwysau marw wŷn a bîff (BSI, 2011). Er enghraifft, pan fyddwch yn rhoi gwrtaith ar dir sy'n cael ei bori gan wartheg a defaid, os yw 60% o incwm eich fferm yn dod o'r gwartheg, yna bydd 60% o'r allyriadau sy'n cael eu hachosi gan y gwrtaith hwnnw yn cael ei ddyrannu i wartheg, a 40% i wŷn. Yn yr un modd, mae gwerthoedd storio wedi cael eu "rhannu" rhwng y mentrau gwahanol yn seiliedig ar ddyraniad economaidd. Mae'n bwysig ailadrodd y ffaith bod y canlyniadau a gyflwynir yma yn seiliedig ar y data a roddwyd i ni. Mae cywirdeb y canlyniadau yn dibynnu felly ar gywirdeb y data a ddarparwyd gennych.

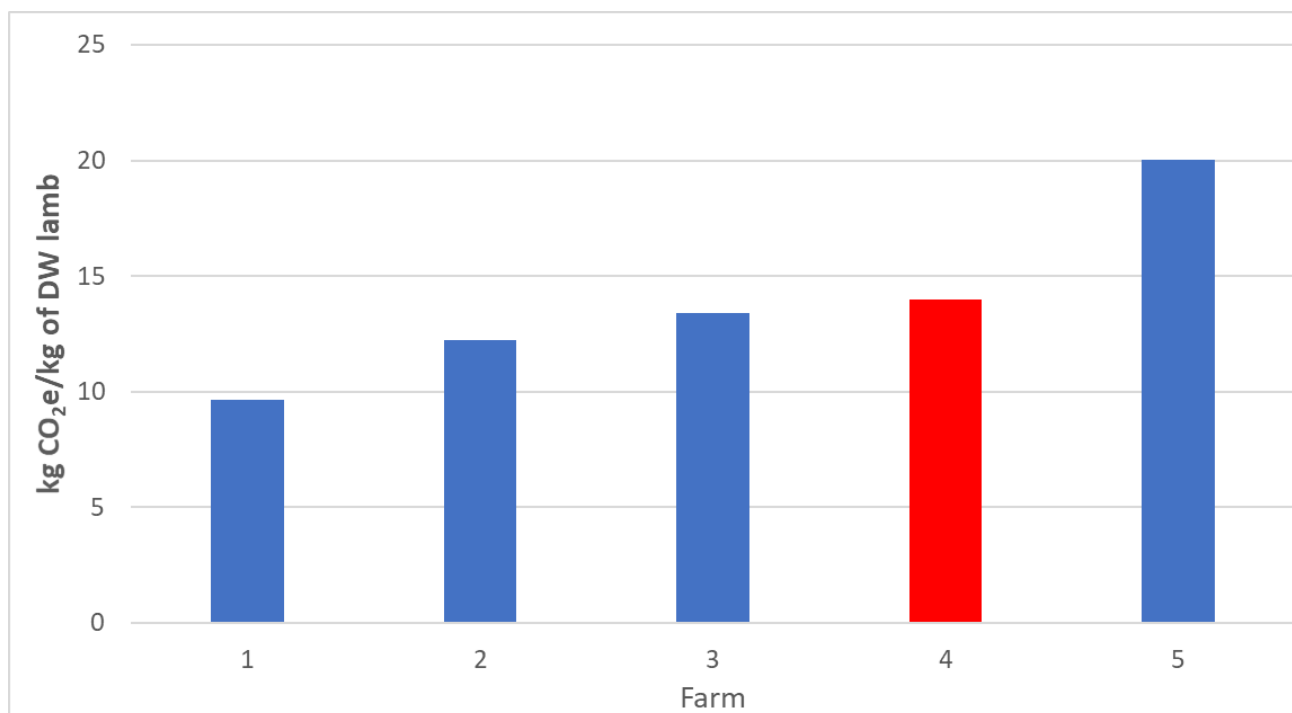
Ôl-troed carbon eich wŷn

Yn Ffigur 1, rydym yn cyflwyno cyfanswm allbwn CO₂e fesul kg o gynnyrch wŷn ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion am faint o garbon gafodd ei storio ar y fferm wedi'u dangos hefyd. Roedd cyfanswm eich allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyfateb i 20.4 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn (h.y., am bob kg o bwysau marw wŷn y gwnaethoch ei gynhyrchu, arweiniodd hyn at allyriadau o 17.8 kg o CO₂e). Roedd hyn ychydig yn uwch na'r cyfartaledd, sef 19.4 kg CO₂e/kg o bwysau marw wŷn ar gyfer ffermydd defaid yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau storio ychydig yn uwch na'r cyfartaledd, sef 6.4 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn (y cyfartaledd oedd 5.5 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn).



Ffigur 1: Ôl-troed carbon eich wŷn gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn a gwerthoedd negatif yn dangos storio ar y fferm /kg pwysau marw wŷn.

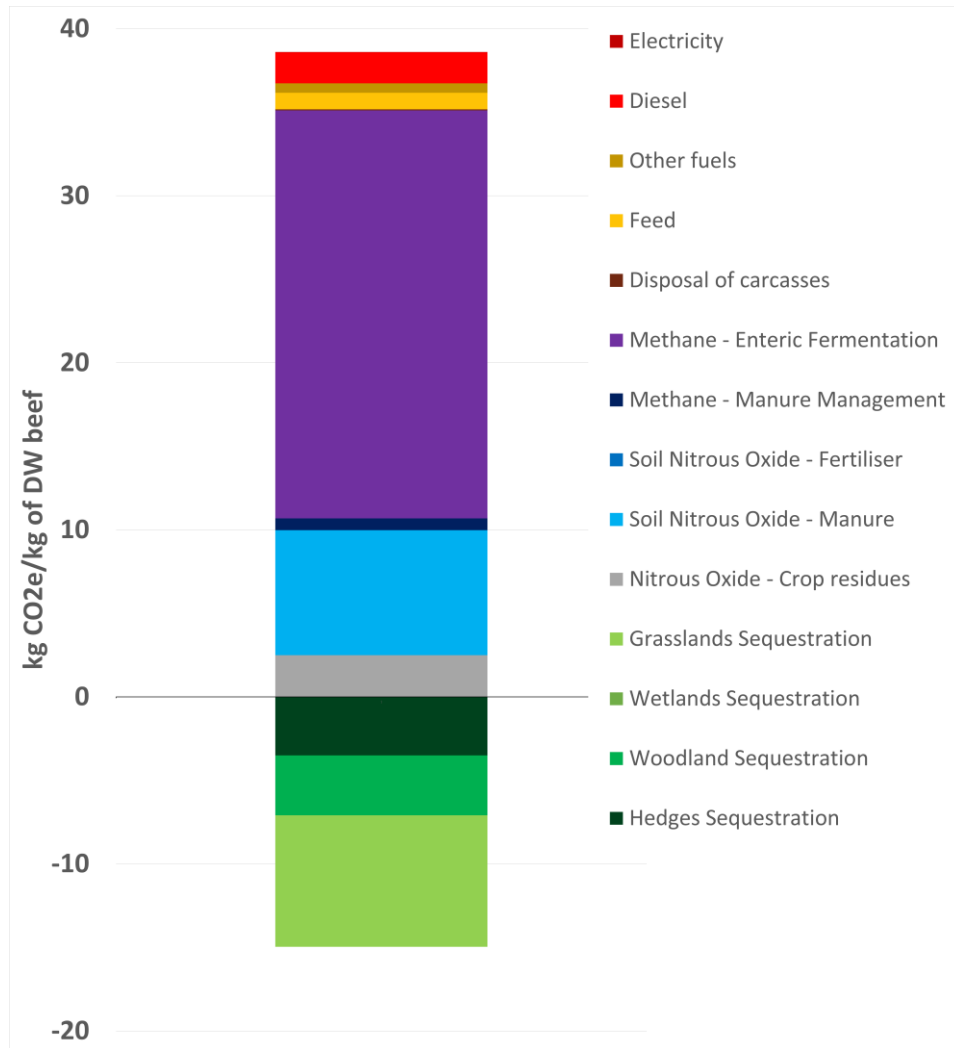
Roedd yr allyriadau nwyon tŷ gwydr ar gyfer ôl-troed carbon eich wŷyn a'r storio ar eich fferm **yn arwain at allyriadau net (kg o allyriadau CO₂e tynnu storio) o 14.0 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷyn**. Mae hyn wedi'i ddangos yn y bar coch yn Ffigur 2, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer yr holl ffermydd.



Ffigur 2: Allyriadau net wŷyn mewn kg CO₂e/ kg pwysau marw wŷyn y pum fferm ddefaid mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i dangos mewn coch.

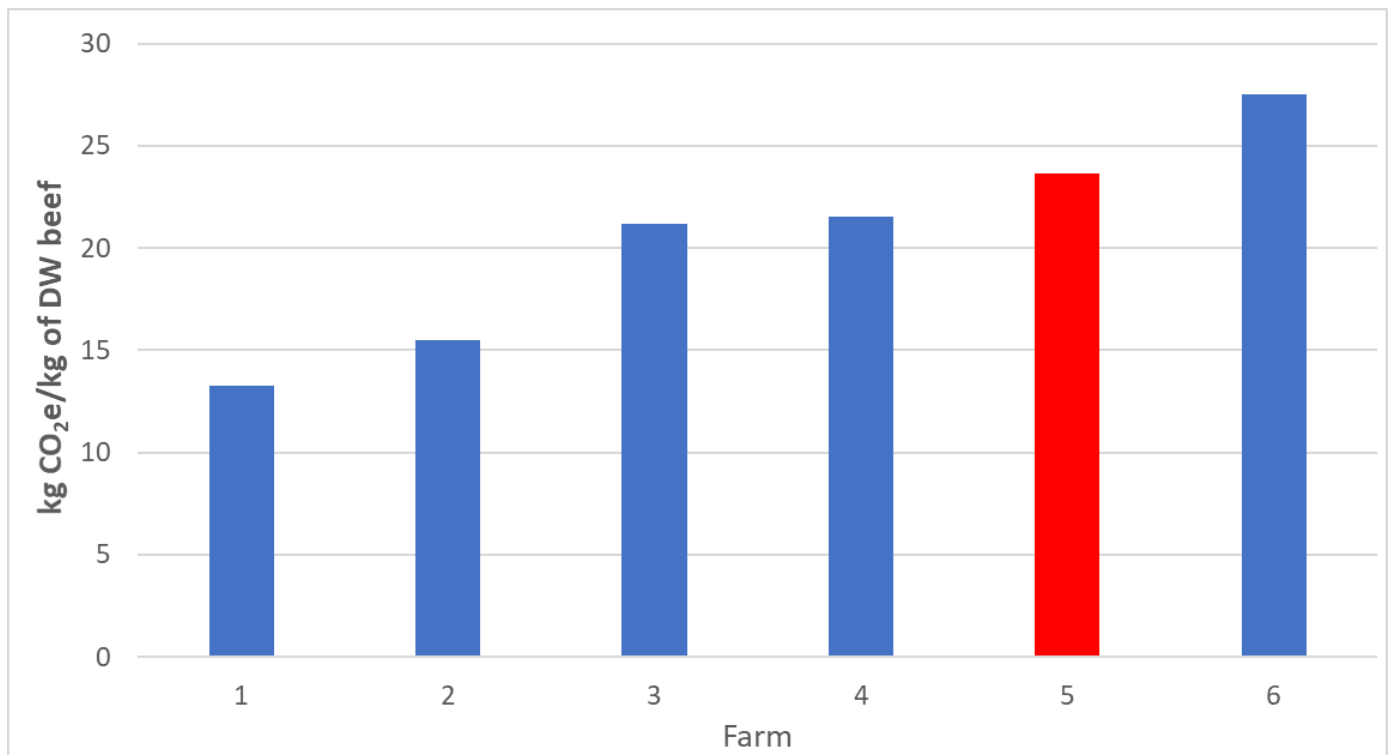
Ôl-troed carbon eich gwartheg bîff

Yn Ffigur 3, rydym yn cyflwyno cyfanswm yr allbwn CO₂e fesul kg o gynnyrch bîff ar eich fferm am flwyddyn. Cyflwynir manylion am faint o garbon gafodd ei storio ar y fferm hefyd. Roedd cyfanswm eich allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyfateb i 38.6 kg CO₂e/kg pwysau marw bîff, ac roedd yn uwch na'r cyfartaledd o 28.4 kg CO₂e/kg pwysau marw bîff ar gyfer ffermydd bîff yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau storio yn uwch na'r cyfartaledd ar gyfer yr holl ffermydd, sef 15.0 kg CO₂e/kg pwysau marw bîff (y cyfartaledd oedd 8.0 kg CO₂e/kg pwysau marw bîff).



Ffigur 3: Ôl-troed carbon eich bîff gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg pwysau marw bîff a gwerthoedd negyddol yn dangos storio carbon ar y fferm /kg pwysau marw bîff.

O ran eich menter bîff, **yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) oedd 23.6 kg CO₂e/kg pwysau marw bîff**. Mae hyn wedi'i ddangos yn y bar coch yn Ffigur 4, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer yr holl ffermydd eraill.



Ffigur 4: Allryriadau net bïff y chwe fferm bïff mewn trefn Gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i dangos mewn coch.

Lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch

Lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch

Gwella effeithlonrwydd

Gall mesurau sy'n ceisio lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch arwain at wella perfformiad da byw hefyd, ac o bosibl, cynnydd yn elw'r fferm. Gall rhai o'r mesurau fod yn berthnasol i fferm benodol, ac efallai na fyddant mor effeithiol neu mor gymwys i'ch fferm chi. Un enghraifft bosibl o hyn fyddai'r gost, ymdrech ac anymarferoldeb sy'n gysylltiedig â meithrin ac ailhau porfeydd ar y bryniau yn hytrach na'r iseldir, lle gall y costau economaidd ac amgylcheddol fod yn fwy na'r enillion posibl. Oherwydd hyn dylid rhoi blaenoriaeth i'r mesurau hynny sy'n cael eu hystyried yn effeithiol ac yn ymarferol ar gyfer eich fferm. Dyma'r mesurau posibl ar gyfer gwella effeithlonrwydd:

- Un o'r strategaethau mwyaf effeithiol yw *optimeiddio deiet anifeiliaid*. Gall hyn leihau'r angen am ddwysfwyd, lleihau costau porthiant, a gwella cyfraddau twf, gan olygu bod angen llai o ddyddiau pesgi (felly bydd llai o CH₄ yn cael ei allyrru yn ystod oes yr anifail)
- Bydd *gwelliant genetig* yn helpu i leihau nifer y dyddiau cyn lladd anifeiliaid ac yn gwella cyfraddau twf, gan arwain at lai o allyriadau cysylltiedig yn ystod oes yr anifail. Gall y mesur hwn arwain at gynyddu'r pwysau marw hefyd heb gynyddu gofynion porthiant

- *Cynyddu canran yr ŵyn/lloi sy'n cael eu magu*, gan arwain at gynhyrchu mwy o kg fesul mamog/buwch, ac felly gostyngiad yn yr allyriadau sy'n gysylltiedig â'r famog /fuwch
- *Lleihau'r bwlch lloia* mewn systemau gwartheg sugno. Mae cyfnod lloia estynedig yn golygu bod baich nwyon tŷ gwydr gwartheg llawndwf anghynhyrchiol yn cael ei ysgwyddo gan anifeiliaid eraill. O ystyried mäs y corff uchel gwartheg llawndwf, gallant gyfrif am gyfran sylweddol o'r allyriadau sy'n gysylltiedig â'r defnydd o borthiant ac eplesiad enterig. Gall cyfnod lloia estynedig arwain at ragor o aneffeithlonrwydd yn y camau cynhyrchu hwyrach, fel problemau yn ymwneud â bwydo anifeiliaid yn y ffordd orau bosibl ar gamau twf gwahanol
- *Ŵyna ŵyn benyw/hesbinod* lle bo'n ymarferol ac yn ddichonadwy yn ogystal â *gostwng oedran heffrod pan fyddant yn lloia am y tro cyntaf*, gan arwain at fwy o allbwn (kg a gynhyrchir) ar oedran iau (a fyddai'n 'anghynhyrchiol' fel arall), ac felly gostyngiad yn y nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r ŵyn benyw /heffrod yn y cyfnod hwn yn eu bywyd (ac felly, yn ystod eu hoes)
- *Lleihau baich afiechydon* (e.e., lleihau colledion o ganlyniad i erthyliadau, cloffni, niwmonia) neu barasitiaid (e.e. llyngyr gastroberfeddol) all gael effeithiau sylweddol iawn ar berfformiad a gwerth da byw, gan leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr am bob kg a gynhyrchir
- *Gwella'r ffordd caiff tail/slyri ei storio a'i ddefnyddio* (e.e., osgoi eu defnyddio yn ystod y gaeaf), gall hyn leihau allyriadau ac ar yr un pryd leihau'r angen i brynu gwrtaith gan fod gwell defnydd yn cael ei wneud o'r maetholion yn y cynnyrch
- *Gwella'r dulliau o reoli glaswelltir*, gan leihau'r angen i brynu dwysfwydydd a gwella cyfraddau twf
- *Defnyddio codlysiâu* (planhigion sy'n cynyddu'r nitrogen mewn priddoedd yn naturiol, fel meillion). Gall hyn ychwanegu ffynhonnell werthfawr o borthiant o ansawdd uchel a dyfwyd ar y fferm, a lleihau'r angen i brynu gwrtaith
- Wrth ailhau, gwelwyd bod *gweiriau â chrynodiad carbohydrad dŵr hydawdd* uchel ("gweiriau uchel mewn siwgr") yn lleihau allyriadau N₂O o systemau porfeydd drwy leihau faint o nitrogen gaiff ei ysgarthu gan anifeiliaid sy'n pori ar y gweiriau hyn o'i gymharu â gwair confensiynol
- *Cyflwyno cnwd porthiant fel rhan o system cylchdroi glaswellt neu gnwd âr*. Gall hyn leihau'r baich o ran plâu a chwyn, gan leihau'r defnydd o chwynladdwyr a phlaleiddiaid a lleihau eu hallyriadau cysylltiedig (er yr ystyried bod y defnydd o'r agro-gemegion hyn yn rhy isel i'w gynnwys yn yr archwiliad hwn).

Gwella storio

Mae storio carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) yn rhoi cyfle gwerthfawr i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar y fferm. Rydym yn amcangyfrif bod storio yn gwrthbwysu tua 39% o gyfanswm ôl-troed eich fferm. Mae glaswelltir yn cyfrif am ganran sylweddol o'r storio ar eich fferm. Mae hyn yn ddisgwyliedig, gan fod cyfran fawr o'ch tir yn cael ei reoli fel glaswelltir.

Gwnaethom amcangyfrif faint o garbon oedd yn cael ei storio yn eich pridd, yn seiliedig ar yr wyddoniaeth gyfredol. Mae llawer o drafodaeth ynglŷn â'r potensial i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir gan dda byw drwy storio carbon yn y systemau glaswelltir sydd mor amlwg yng Nghymru. Fodd bynnag, mae gallu priddoedd amaethyddol i weithredu naill ai fel suddfan (storio carbon) neu fel ffynhonnell (rhyddhau carbon) yn dibynnu ar nifer o newidynnau eang, gan gynnwys, hinsawdd, math o bridd, defnydd tir/rheolaeth tir, y dŵr sydd ar gael ac, yn bwysicaf oll, cynnwys deunydd organig y pridd (Freibauer et al., 2004). Heb gymryd samplau yn y maes i fesur gwir newid yn lefel y carbon yn y pridd, mae'n anodd amcangyfrif yn gywir faint o garbon sy'n cael ei storio ynddo. Yn gyntaf, mae'r newidiadau yn lefel y carbon yn y pridd yn tueddu i ddigwydd yn araf (dros nifer o flynyddoedd), felly mae pennu cyfraddau storio yn heriol (ar y llaw arall, mae cyfrifo'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â mewnbynnau fferm yn llawer haws). Yn ail, mae lefel y carbon yn y pridd (a'r potensial i storio) yn ddibynnol iawn ar y math o bridd, ac mae'r potensial i storio mewn priddoedd ysgafn, mwynol yn llawer uwch nag mewn priddoedd sy'n cynnwys llawer o ddeunydd organig, gan fod y gyfradd storio yn arafu gydag amser (Ostle et al., 2009). Mae natur heterogenaidd priddoedd Cymru, lle mae gan lawer o ffermydd ardaloedd amrywiol yn cynnwys mwy nag un math o bridd, o ddwysedd gwahanol, yn ychwanegu at y cymhlethdod hwn. Yn drydydd, bydd y dull o reoli'r priddoedd hyn yn cael effaith drawiadol ar y gyfradd storio neu golli carbon, ac mewn rhai achosion, er bod hyn yn llai amlwg mewn systemau porfeydd, efallai bydd angen newid y dulliau rheoli yn aml (gwahaniaethau yn y cylchredau cynyddio, mewnbynnau, ac ati). Yn bedwerydd, hyd yn oed os oes data ar gael ar gyfer y pridd, gall gwahaniaethau yn y protocolau samplu wrth fesur newidiadau yn lefel carbon y pridd gael effeithiau mawr iawn ar y canlyniadau; er enghraifft, samplu ar ddyfnderau gwahanol, ac oherwydd yr amrywiaeth o briddoedd mewn cae, ac ati. (Dawson a Smith, 2007). Gyda'i gilydd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod yn rhaid dibynnu llawer felly ar ragdybiaethau ac amcangyfrifon wrth ragfynegi potensial storio systemau glaswelltir. Mae'r heriau hyn yn helpu i esbonio yn rhannol pam mae amcangyfrifon o werthoedd storio priddoedd ar ffermydd yn benodol yn amrywio yn dibynnu ar yr adnoddau gwahanol ar gyfer asesu carbon (Taft et al., 2018), a dylid bod yn ofalus iawn felly wrth eu dehongli. Gall y capasiti i wneud enillion sylweddol pellach o ran storio fod yn gyfyngedig mewn priddoedd o dan laswelltiroedd parhaol gan fod llawer ohonynt yn debygol o fod yn gytbwys o ran carbon (mae lefelau allyriadau a storio wedi'u cydbwysu) (CIEL, 2020). Mae

rhai yn dadlau y gall pori cylchdro gynyddu lefel y carbon mewn pridd, ond ar hyn o bryd nid oes digon o wyddoniaeth gadarn i bennu hyn. Yn yr achosion hynny lle'r oedd system pori cylchdro ar waith, ni chafodd hyn ei ystyried yn yr archwiliad hwn, gan fod amcangyfrif cyfraddau storio mewn priddoedd a reolir drwy'r dull hwn yn anodd iawn heb gymryd samplau manwl o'r pridd, fel y nodwyd eisoes.

Bydd y potensial a'r gyfradd storio mewn coetiroedd a gwrychoedd yn amrywio yn ôl ffactorau fel y rhywogaethau a blannwyd, hyd cylchdro'r coetir, amllder ffustio a phlygu gwrychoedd, mathau o bridd, a hinsawdd (Ostle et al., 2009). Fodd bynnag, daeth astudiaeth ddiweddar i'r casgliad bod sectorau biff ac ŵyn Seland Newydd bron iawn â chyrraedd sefyllfa garbon niwtral oherwydd y gorchudd coetir cymharol uchel ar ffermydd o'r fath (cymedr o 15%) gan gyfrif am storio sylweddol i wrthbwysu allyriadau (Beef and Lamb New Zealand, 2020). Mae hyn yn pwysleisio'r rôl bwysig y gall coed ei chwarae i storio carbon ar ffermydd. Dylid annog mesurau sy'n amddiffyn, ac yn wir sy'n gwella, lefel carbon mewn pridd, ynghyd â chyfleoedd i wella'r dull o reoli coed a gwrychoedd sydd eisoes yn bodoli, ochr yn ochr â phlannu coed yn strategol ar ffermydd da byw yng Nghymru. Mae mesurau posibl i wella lefelau storio yn cynnwys:

- *Gadael i wrychoedd dyfu'n uwch ac yn lletach.* Gallai hyn fod yn ffordd syml a rhad o gynyddu cyfraddau storio ar fferm, yn ogystal â chynnig gwell lloches i dda byw a bywyd gwyllt
- *Sefydlu gwrychoedd a choed ychwanegol mewn lleoliadau addas,* e.e. ar hyd llinellau ffensys, ar dir anghynhyrchiol. Gallai hyn wneud cyfraniad pwysig i leihau ôl-troed carbon y fferm gyfan unwaith y bydd y coed yn cyrraedd y cam lle mae cyfraddau storio yn uchel. Yn ogystal â storio carbon uwchben y ddaear ac mewn pridd, gall coed a gwrychoedd a gaiff eu plannu'n briodol wella effeithlonrwydd cynhyrchu hefyd drwy leihau colledion a cholledion ynni yn sgil gwella'r lloches a ddarperir
- Mae trin y tir cyn ailhau yn debygol o arwain at golli carbon o'r pridd, oherwydd bydd rhywfaint o'r carbon sydd wedi cronni yn cael ei golli wrth i facteria yn y pridd ei resbiradu. O safbwynt carbon, mae'n well *ailhau yn llai aml* (a dylai'r prif bwyslais fod ar reoli gwyndonnydd hŷn, fel eu bod yn dal i fod yn gynhyrchiol gan leihau'r angen i ailhau). Fodd bynnag, mae'r gyfradd storio yn debygol o gynyddu yn dilyn ailhau gan fod gwyndwn newydd yn cynhyrchu mwy, felly bydd yn adennill rhywfaint o'r carbon a gollwyd, nes y bydd y pridd unwaith yn rhagor yn cyrraedd sefyllfa o gydbwysedd. Os oes angen ailhau, mae'n well trin y tir gan ddefnyddio dulliau fel hau'n uniongyrchol neu dynnu croen hadau er mwyn lleihau faint o garbon sy'n cael ei golli o'r pridd a'r risg o erydiad
- *Cynnwys glastiroedd amlrywogaeth* ar ffermydd; hynny yw, cynnwys rhywogaethau â gwreiddiau dyfnach na glastiroedd rhygwellt yn unig. Gall rhywogaethau â gwreiddiau dwfn storio carbon yn ddwfn yn y pridd, gan fod carbon y pridd yn cael ei grynhoi ym mharth gwreiddiau'r planhigyn (Thorup-Kristensen et al., 2020)

- Mae gan borfeydd parhaol systemau gwreiddiau dyfnach hefyd yn gyffredinol na chnydau blynyddol gan fod rhywogaethau planhigion yn tyfu rhwydwaith o wreiddiau dyfnach dros amser, felly byddant yn cronni haenau dyfnach o garbon sy'n cael ei storio mewn priddoedd (Thorup-Kristensen et al., 2020)
- Gweithredu system bori cylchdro fanwl sy'n cael ei rheoli'n ofalus. Yn wahanol i systemau stocio sefydlog, mae systemau cylchdro yn cynnig cyfnodau o 'seibiant' i'r glaswellt ymadfer ar ôl ei bori, a gall hyn wella cynnyrch y glaswellt yn gyffredinol os caiff ei bori ar y cam pan mae'r glaswellt yn tyfu fwyaf (Dawson a Smith, 2007). Yn ei dro, dylai hyn hefyd olygu bod y gwreiddiau yn tyfu'n fwy gan gynyddu mewnbynnau carbon i'r pridd. Fodd bynnag, mae gwir angen rhagor o ymchwil i ddilysu hyn, gan nad yw'r dystiolaeth wyddonol yn bodoli ar hyn o bryd. Mae'n bwysig nodi hefyd os nad yw'r amodau tir yn addas, y gall pori cylchdro arwain at gywasgu'r pridd a chreu dŵr ffo, a fyddai yn y pen draw yn cael effaith andwyol ar lefelau storio'r pridd. At hyn, pan fydd systemau o'r fath yn arwain at gynnydd yn nifer y da byw, mae angen ystyried sut gall y cynnydd mewn allyriadau CH₄ wrthbwysu unrhyw effeithiau cadarnhaol sy'n gysylltiedig â storio mwy o garbon yn y pridd. Er y gall hyn leihau dwysedd allyriadau eu cynnyrch, mae'n amlwg yn cael yr effaith wrthgyferbyniol yn nhermau cyfanswm allyriadau'r fferm, ac ni fyddai hyn yn helpu'r sector amaeth yng Nghymru i wireddu ei uchelgais o gyrraedd sero-net o ran allyriadau.

Casgliadau ac argymhellion

Mae amcangyfrif yr allyriadau net sy'n gysylltiedig â chynhyrchu ŵyn a biff ar ffermydd Cymru drwy ganfod eu hól traed carbon yn ymarfer gwerthfawr er mwyn helpu ffermwyr i ystyried sut mae eu dulliau rheoli yn effeithio ar gydbwysedd carbon eu fferm. Yn ogystal â lleihau costau cynhyrchu o bosibl, gall ffermwyr sy'n gallu dangos eu cymwysterau amgylcheddol fod mewn gwell sefyllfa i farchnata eu cynnyrch yn fwy cadarnhaol i ddefnyddwyr yn y dyfodol. Dylid nodi hefyd y gall cynlluniau ariannu preifat a chyhoeddus yn y dyfodol wobrwyo ffermwyr am eu harfer da. Ni fu erioed fwy o angen i wella ein dealltwriaeth o sut gellir lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr ar ffermydd a/neu eu gwrthbwysu drwy storio carbon.

Mae canlyniadau eich archwiliad carbon a gyflwynir yma yn rhoi amcangyfrif yn seiliedig ar y data a ddarparwyd gennych. Pwysleisir unwaith yn rhagor bod canfyddiadau'r archwiliad hwn yn cael eu mynegi fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (kg CO₂e/kg pwysau marw ŵyn neu biff), ac nid cyfanswm allyriadau'r fferm. Mae eich busnes ŵyn wedi cynhyrchu allyriadau net

(kg allyriadau CO₂e tynnu storio) o 14.0 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷyn. O ran eich busnes bïff, yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) oedd 23.6 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff.

Uchelgais y sector amaethyddiaeth yng Nghymru yw bod yn sero-net o ran allyriadau nwyon tŷ gwydr, sef storio o leiaf yr un swm o garbon ag y mae'n ei allyrru. Roedd yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) yn bositif ar yr holl ffermydd a oedd yn rhan o'r prosiect hwn, h.y., ni wnaeth unrhyw fferm storio mwy o garbon na'r nwyon tŷ gwydr roedd eu gweithgareddau yn eu hallyrru. Er bod rhai eithriadau, ar y cyfan roedd storio yn gwneud gwahaniaeth bach yn unig i'r allyriadau net cyffredinol, gan wrthbwyso cyfwerth â 30% o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar draws yr holl systemau cynhyrchu. Er bod maint ein sampl ar gyfer yr astudiaeth hon yn fach, mae'r canlyniadau hyn yn awgrymu bod ffermydd Cymru yn wynebu her sylweddol i wireddu'r uchelgais sero-net. Mae lle i bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth hon roi mesurau ar waith i leihau ôl-troed carbon ei chynnyrch. **Er mwyn cyflawni hyn, bydd angen i ffermydd i) leihau allyriadau, a ii) storio mwy o garbon.**

O ran mesurau effeithlonrwydd, bydd diadell neu fuches sy'n cael ei rheoli'n dda yn arwain at y cyfraddau twf gorau o ran da byw, gan leihau faint o ddyddiau bydd anifeiliaid yn ei dreulio ar y fferm a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig. Mae hyn hefyd yn golygu bydd angen llai o fewnbynnau fel porthiant, a bydd llai o farwolaethau. Cyfraddau twf da byw yw swyddogaeth nifer o gynhyrchion – rhinweddau genetig yr anifeiliaid, eu deiet, iechyd anifeiliaid, a dylanwad newidynnau fel y tywydd, i enwi dim ond rhai. Byddai strategaethau sy'n gwneud y mwyaf o'r rhain yn gwneud synnwyr economaidd ac amgylchedd i ffermydd Cymru.

O ran lefelau storio, dylid annog cynnydd strategol yn y gorchudd coetir ar ffermydd Cymru oherwydd gall gynnig nifer o fuddion amgylcheddol, y tu hwnt i storio carbon, ac mewn llawer o achosion, gall arwain at fuddion o ran dichonoldeb economaidd busnesau fferm, yn enwedig os gall ffermwyr fanteisio ar gynlluniau i dalu am gostau sefydlu a/neu reoli. Yn y pen draw, mae'n debygol y bydd coed yn chwarae rhan bwysig i helpu'r sector da byw i symud tuag at allyriadau nwyon tŷ gwydr sero-net. Dylai mesurau sy'n cadw carbon yn y pridd gael eu rhoi ar waith, a dylid gwneud rhagor o ymchwil i brofi sut byddai gwella storio mewn priddoedd o dan systemau glaswelltir yn werth chweil iawn. Eto i gyd, mae'n bwysig cofio na ddylai mesurau i wella storio gymryd lle'r angen i leihau allyriadau yn gyffredinol, a dylai hyn fod y nod pennaf i sicrhau sector da byw sero-net yng Nghymru.

Fferm 3

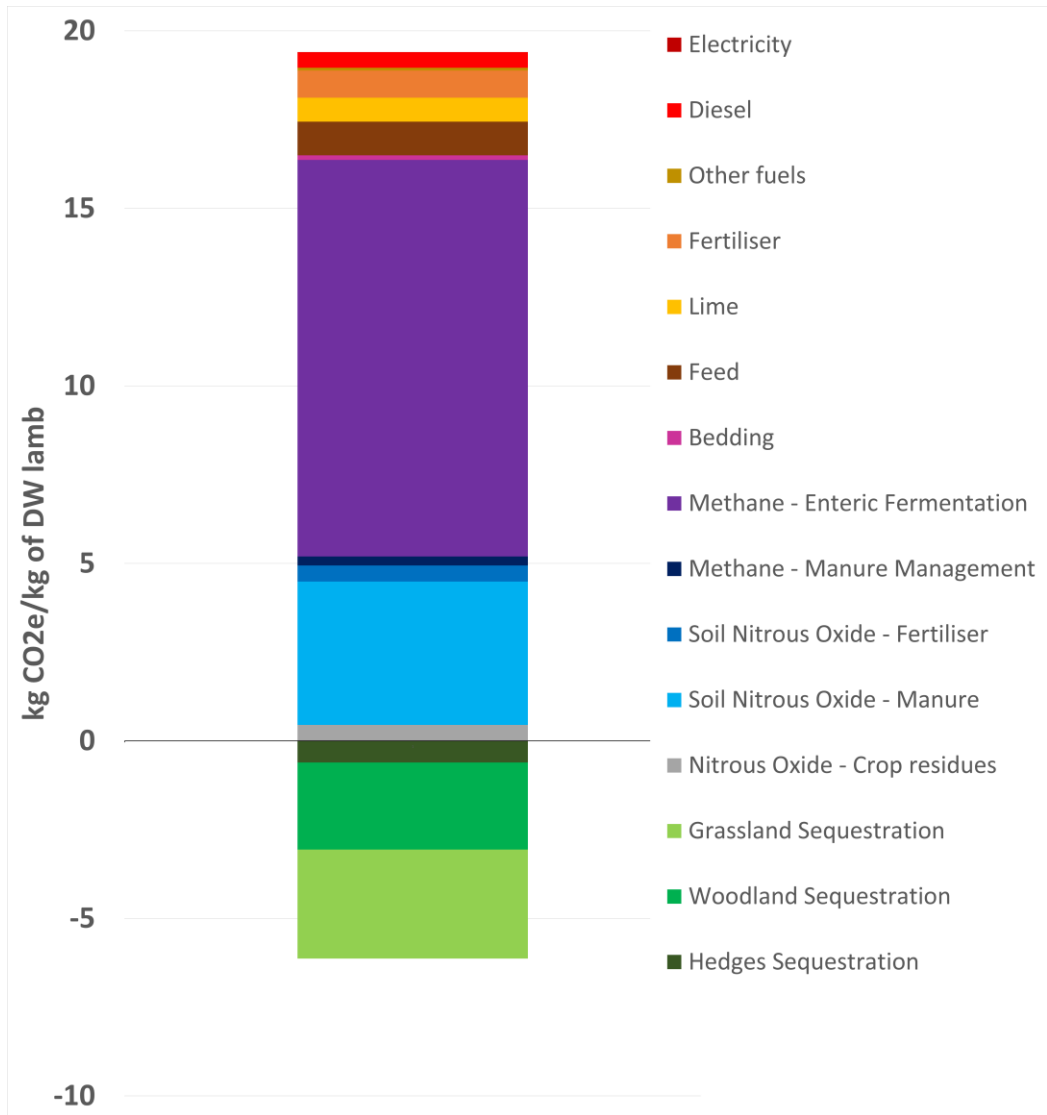
Eich ôl-troed carbon

Mae olion traed carbon yn cael eu mynegi fel 'cyfateb i garbon deuocsid', neu CO₂e, sef yr holl nwyon tŷ gwydr a fesurir wedi'u trosi a'u mynegi fel un uned o nwyon tŷ gwydr cyfatebol, yn seiliedig ar eu gwerthoedd Potensial Cynhesu Byd-eang (*GWP: Global Warming Potential*) a ddefnyddir yn rhyngwladol gan y Panel Rhynglywodraethol ar Newid Hinsawdd (*IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change*). Y nwyon tŷ gwydr sydd wedi'u cynnwys yn eich ôl-troed, ac sydd wedi'u trosi yn CO₂e, yw carbon deuocsid (CO₂), ocsid nitrus (N₂O), a methan (CH₄). Y nwyon sy'n cael yr effaith fwyaf yw CH₄, a gaiff ei gynhyrchu'n bennaf gan dda byw a'i ryddhau i'r atmosffer drwy epleriad enterig, a N₂O, sy'n digwydd yn bennaf yn y pridd, ar ôl defnyddio gwrtait nitrogen a thail da byw, yn ogystal ag effaith wrin a baw y da byw sy'n pori ar y tir (wedi'u cynnwys yn adran "Ocsid Nitrus Pridd – Tail" yn eich ôl-troed). Mae storio tail yn rhyddhau'r ddau nwy hyn hefyd. Mae'r nwyon hyn yn gryf iawn yn nhermau GWP, ac mae'r adnodd yn defnyddio ffactorau GWP 25 a 298 ar gyfer CH₄ a N₂O, yn y drefn honno (IPCC, 2006). Mae hyn yn cyfateb i CH₄ â GWP sydd 25 yn fwy na CO₂, a N₂O â GWP sydd 298 gwaith yn fwy na CO₂, dros gyfnod o 100 mlynedd. Mae rhai gwyddonwyr yn dadlau bod hyn yn chwyddo'n artiffisial gyfraniad CH₄ i newid hinsawdd gan fod y CH₄ yn torri i lawr ar ôl 12-20 o flynyddoedd; fodd bynnag, fel yr esboniwyd yn gynharach, rydym wedi defnyddio lefel GWP sy'n cael ei gydnabod yn rhyngwladol o 25 ar gyfer CH₄, i gydymffurfio â'r dulliau a ddefnyddir gan yr IPCC. Mae defnyddio dulliau cydnabyddedig yn bwysig er mwyn sicrhau canlyniadau credadwy.

Gan fod eich fferm wedi cynhyrchu mwy nag un allbwn (ŵyn a bîff), cafodd allyriadau busnes y fferm eu dyrannu rhwng allbynnau gwahanol ar sail economaidd, fel canran cyfanswm incwm y fferm o'r allbwn perthnasol. Mae defnyddio'r dyraniad economaidd yn y ffordd hon yn golygu bod modd "rhannu" beichiau cyffredin (e.e., o weithgynhyrchu a defnyddio gwrtait ar ffermydd cymysg) ar ffermydd unigol rhwng allbynnau pwysau marw ŵyn a bîff (BSI, 2011). Er enghraifft, pan fyddwch yn rhoi gwrtait ar dir sy'n cael ei bori gan wartheg a defaid, os yw 60% o incwm eich fferm yn dod o'r gwartheg, yna bydd 60% o'r allyriadau sy'n cael eu hachosi gan y gwrtait hwnnw yn cael ei ddyrannu i wartheg, a 40% i ŵyn. Yn yr un modd, mae gwerthoedd storio wedi cael eu "rhannu" rhwng y mentrau gwahanol yn seiliedig ar ddyraniad economaidd. Mae'n bwysig ailadrodd y ffaith bod y canlyniadau a gyflwynir yma yn seiliedig ar y data a roddwyd i ni. Mae cywirdeb y canlyniadau yn dibynnu felly ar gywirdeb y data a ddarparwyd gennych.

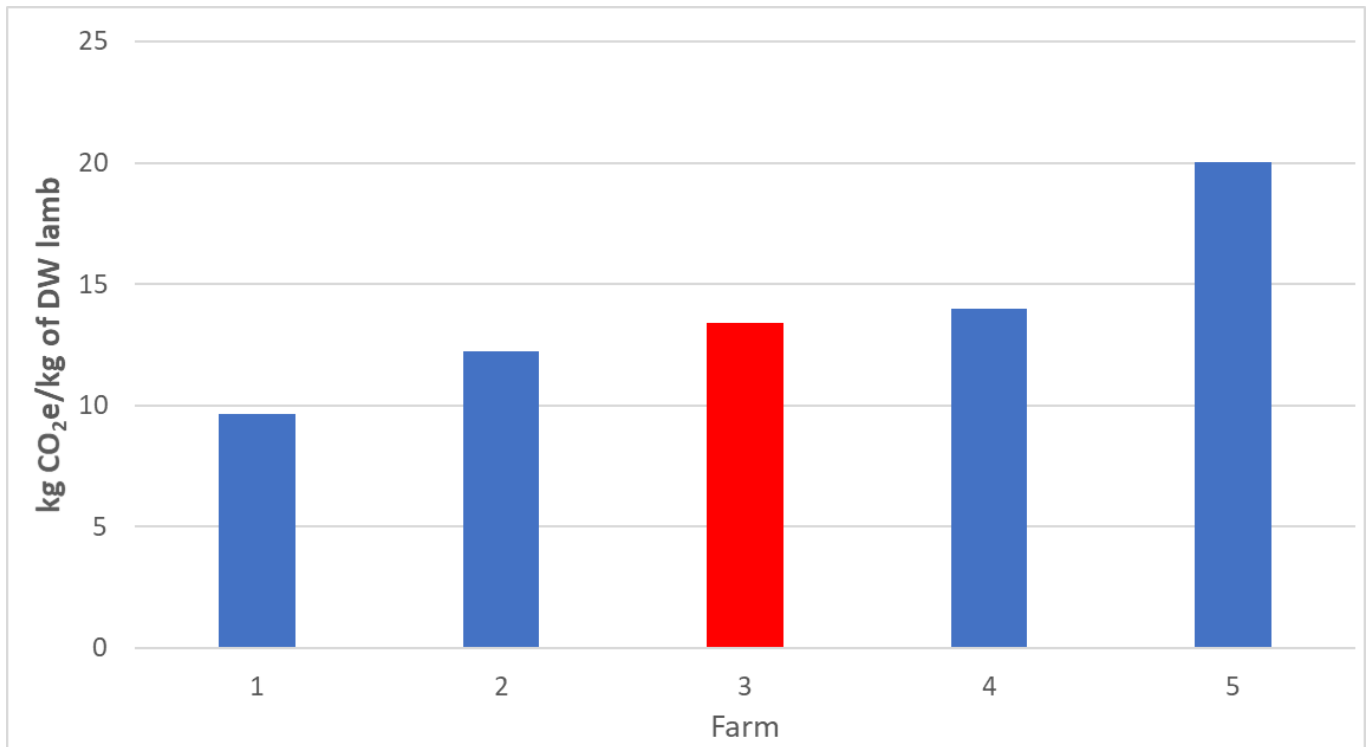
Ôl-troed carbon eich wŷn

Yn Ffigur 1, rydym yn cyflwyno cyfanswm allbwn CO₂e fesul kg o gynnyrch wŷn ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion am faint o garbon gafodd ei storio ar y fferm wedi'u dangos hefyd. Roedd cyfanswm eich allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyfateb i 19.3 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn (h.y., am bob kg o bwysau marw wŷn y gwnaethoch ei gynhyrchu, arweiniodd hyn at allyriadau o 17.8 kg o CO₂e). Roedd hyn yn debyg i'r cyfartaledd, sef 19.4 kg CO₂e/kg o bwysau marw wŷn ar gyfer ffermydd defaid yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau storio yn debyg i'r cyfartaledd hefyd, sef 5.8 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn (y cyfartaledd oedd 5.5 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn).



Ffigur 1: Ôl-troed carbon eich wŷn gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn a gwerthoedd negatif yn dangos storio carbon ar y fferm /kg pwysau marw wŷn.

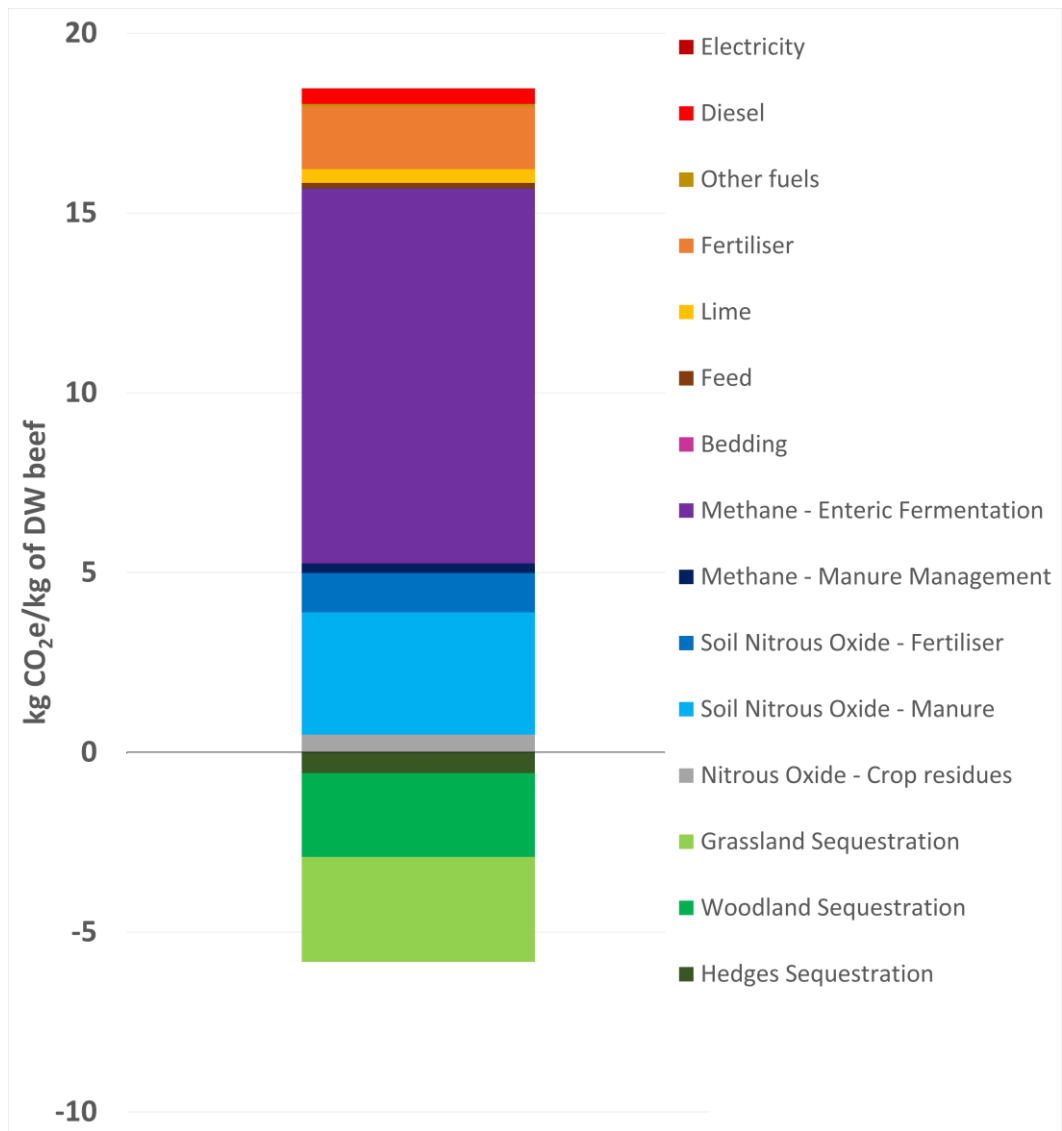
Roedd yr allyriadau nwyon tŷ gwydr ar gyfer ôl-troed carbon eich wŷn a'r storio ar y fferm **yn arwain at allyriadau net (kg o allyriadau CO₂e tynnu storio) o 13.4 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷn**. Mae hyn wedi'i ddangos yn y bar coch yn Ffigur 2, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer yr holl ffermydd.



Ffigur 2: Allyriadau net wŷn mewn kg CO₂e/ kg of bwysau marw wŷn ar y pum fferm mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i dangos mewn coch.

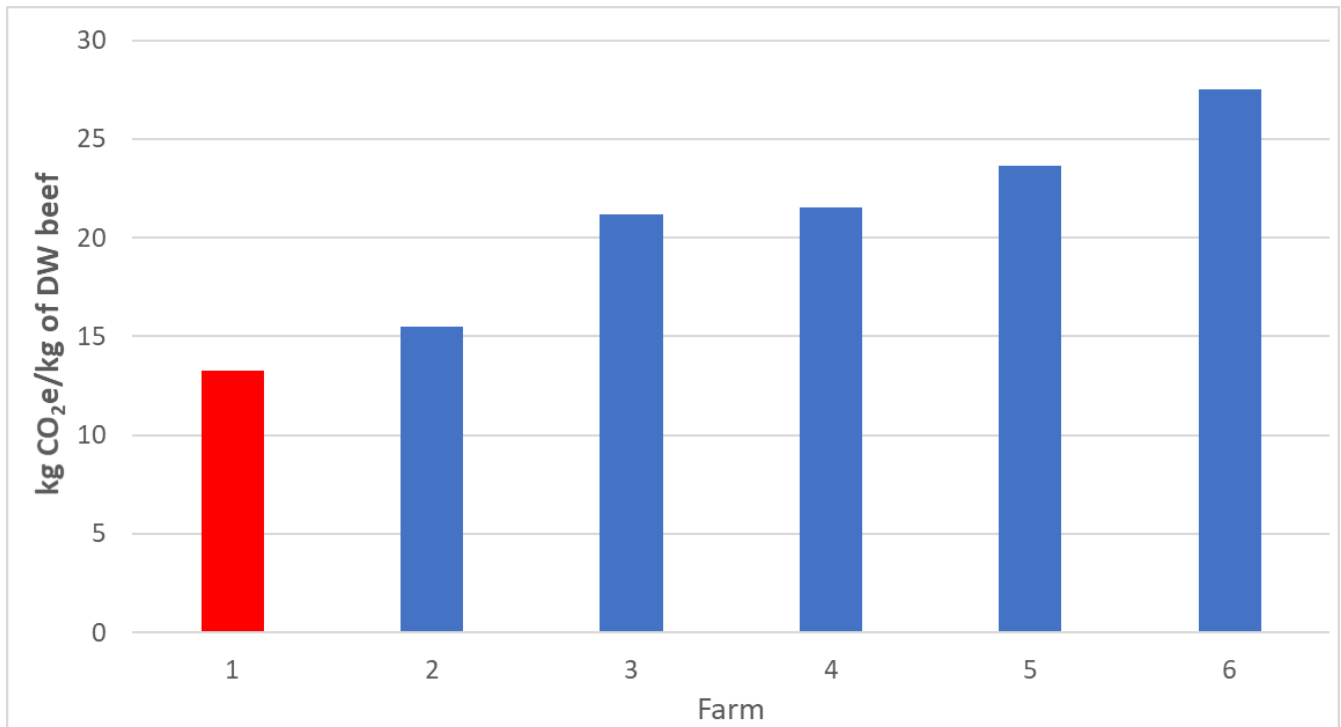
Ôl-troed carbon eich gwartheg bïff

Yn Ffigur 3, rydym yn cyflwyno cyfanswm yr allbwn CO₂e fesul kg o gynnyrch bïff ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion am faint o garbon gafodd ei storio ar y fferm wedi'u dangos hefyd. Roedd cyfanswm eich allyriadau nwyon tŷ gwyr yn cyfateb i 19.4 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff, ac roedd hyn yn is na'r cyfartaledd o 28.4 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff ar gyfer ffermydd bïff yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau storio yn is na'r cyfartaledd ar gyfer yr holl ffermydd, sef 6.1 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff (y cyfartaledd oedd 8.0 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff).



Ffigur 3: Ôl-troed carbon eich bïff gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o bwysau marw bïff a gwerthoedd negatif yn dangos storio carbon ar y fferm /kg o bwysau marw bïff.

O ran eich menter bïff, **yr allyriadau net (kg CO₂e allyriadau tynnu storio) oedd 13.3 kg CO₂e/kg o bwysau marw bïff**. Mae hyn wedi'i ddangos yn y bar coch yn Ffigur 4, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer yr holl ffermydd eraill.



Ffigur 4: Allyriadau net bïff mewn kg CO₂e/ kg o bwysau marw bïff y chwe fferm bïff mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i dangos mewn lliw coch.

Lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch

Gwella effeithlonrwydd

Gall mesurau sy'n ceisio lleihau ôl-troed carbon eich cynnyrch arwain at wella perfformiad da byw hefyd, ac o bosibl, cynnydd yn elw'r fferm. Gall rhai o'r mesurau fod yn berthnasol i fferm benodol, ac efallai na fyddant mor effeithiol neu mor gymwys i'ch fferm chi. Un enghraifft bosibl o hyn fyddai'r gost, ymdrech ac anymarferoldeb sy'n gysylltiedig â meithrin ac ailhau porfeydd ar y bryniau yn hytrach na'r iseldir, lle gall y costau economaidd ac amgylcheddol fod yn fwy na'r enillion posibl. Oherwydd hyn dylid rhoi blaenoriaeth i'r mesurau hynny sy'n cael eu hystyried yn effeithiol ac yn ymarferol ar gyfer eich fferm. Dyma'r mesurau posibl ar gyfer gwella effeithlonrwydd:

- Un o'r strategaethau mwyaf effeithiol yw *optimeiddio deiet anifeiliaid*. Gall hyn leihau'r angen am ddwysfwyd, lleihau costau porthiant, a gwella cyfraddau twf, gan olygu bod angen llai o ddyddiau pesgi (felly bydd llai o CH₄ yn cael ei allyrru yn ystod oes yr anifail)
- Bydd *gwelliant genetig* yn helpu i leihau nifer y dyddiau cyn lladd anifeiliaid ac yn gwella cyfraddau twf, gan arwain at lai o allyriadau cysylltiedig yn ystod oes yr anifail. Gall y mesur hwn arwain at gynyddu'r pwysau marw hefyd heb gynyddu gofynion porthiant
- *Cynyddu canran yr ŵyn/lloi sy'n cael eu magu*, gan arwain at gynhyrchu mwy o kg fesul mamog/buwch, ac felly gostyngiad yn yr allyriadau sy'n gysylltiedig â'r famog /fuwch

- *Lleihau'r bwlch lloia* mewn systemau gwartheg sugno. Mae cyfnod lloia estynedig yn golygu bod baich nwyon tŷ gwydr gwartheg llawndwf anghynhyrchiol yn cael ei ysgwyddo gan anifeiliaid eraill. O ystyried mäs y corff uchel gwartheg llawndwf, gallant gyfrif am gyfran sylweddol o'r allyriadau sy'n gysylltiedig â'r defnydd o borthiant ac eplesiad enterig. Gall cyfnod lloia estynedig arwain at ragor o aneffeithlonrwydd yn y camau cynhyrchu hwyrach, fel problemau yn ymwneud â bwydo anifeiliaid yn y ffordd orau bosibl ar gamau twf gwahanol
- *Ŵyna ŵyn benyw/hesbinod* lle bo'n ymarferol ac yn ddichonadwy yn ogystal â *gostwng oedran heffrod pan fyddant yn lloia am y tro cyntaf*, gan arwain at fwy o allbwn (kg a gynhyrchir) ar oedran iau (a fyddai'n 'anghynhyrchiol' fel arall), ac felly gostyngiad yn y nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r ŵyn benyw /heffrod yn y cyfnod hwn yn eu bywyd (ac felly, yn ystod eu hoes)
- *Lleihau baich afiechydon* (e.e., lleihau colledion o ganlyniad i erthyladau, cloffni, niwmonia) neu barasitiaid (e.e. llyngyr gastroberfeddol) all gael effeithiau sylweddol iawn ar berfformiad a gwerth da byw, gan leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr am bob kg a gynhyrchir
- *Gwella'r ffordd caiff tail/slyri ei storio a'i ddefnyddio* (e.e., osgoi eu defnyddio yn ystod y gaeaf), gall hyn leihau allyriadau ac ar yr un pryd leihau'r angen i brynu gwrtaith gan fod gwell defnydd yn cael ei wneud o'r maetholion yn y cynnyrch
- *Gwella'r dulliau o reoli glaswelltir*, gan leihau'r angen i brynu dwysfwydydd a gwella cyfraddau twf
- *Defnyddio codlysiâu* (planhigion sy'n cynyddu'r nitrogen mewn priddoedd yn naturiol, fel meillion). Gall hyn ychwanegu ffynhonnell werthfawr o borthiant o ansawdd uchel a dyfwyd ar y fferm, a lleihau'r angen i brynu gwrtaith
- Wrth ailhau, gwelwyd bod *gweiriau â chrynodiad carbohydrad dŵr hydawdd* uchel ("gweiriau uchel mewn siwgr") yn lleihau allyriadau N₂O o systemau porfeydd drwy leihau faint o nitrogen gaiff ei ysgarthu gan anifeiliaid sy'n pori ar y gweiriau hyn o'i gymharu â gwair confensiynol
- *Cyflwyno cnwd porthiant fel rhan o system cylchdroi glaswellt neu gnwd âr*. Gall hyn leihau'r baich o ran plâu a chwyn, gan leihau'r defnydd o chwynladdwyr a phlaleiddiaid a lleihau eu hallryiadau cysylltiedig (er yr ystyried bod y defnydd o'r agro-gemegion hyn yn rhy isel i'w gynnwys yn yr archwiliad hwn).

Gwella storio

Mae storio carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) yn rhoi cyfle gwerthfawr i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar y fferm. Rydym yn amcangyfrif bod storio yn gwrthbwysu tua 38% o gyfanswm ôl-troed eich fferm. Mae glaswelltir yn cyfrif am ganran sylweddol o'r storio ar eich fferm. Mae hyn yn ddisgwyliedig, gan fod cyfran fawr o'ch tir yn cael ei reoli fel glaswelltir. Fodd bynnag, roedd storio carbon mewn coetir yn gwrthbwysu 13% o ôl-troed eich fferm hefyd.

Gwnaethom amcangyfrif faint o garbon oedd yn cael ei storio yn eich pridd, yn seiliedig ar yr wyddoniaeth gyfredol. Mae llawer o drafodaeth ynglŷn â'r potensial i wrthbwysu allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir gan dda byw drwy storio carbon yn y systemau glaswelltir sydd mor amlwg yng Nghymru. Fodd bynnag, mae gallu priddoedd amaethyddol i weithredu naill ai fel suddfan (storio carbon) neu fel ffynhonnell (rhyddhau carbon) yn dibynnu ar nifer o newidynnau eang, gan gynnwys hinsawdd, math o bridd, defnydd tir/rheolaeth tir, y dŵr sydd ar gael ac, yn bwysicaf oll, cynnwys deunydd organig y pridd (Freibauer et al., 2004). Heb gymryd samplau yn y maes i fesur gwir newid yn lefel y carbon yn y pridd, mae'n anodd amcangyfrif yn gywir faint o garbon sy'n cael ei storio ynddo. Yn gyntaf, mae'r newidiadau yn lefel y carbon yn y pridd yn tueddu i ddigwydd yn araf (dros nifer o flynyddoedd), felly mae pennu cyfraddau storio yn heriol (ar y llaw arall, mae cyfrifo'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â mewnbynnau fferm yn llawer haws). Yn ail, mae lefel y carbon yn y pridd (a'r potensial i storio) yn ddibynnol iawn ar y math o bridd, ac mae'r potensial i storio mewn priddoedd ysgafn, mwynol yn llawer uwch nag mewn priddoedd sy'n cynnwys llawer o ddeunydd organig, gan fod y gyfradd storio yn arafu gydag amser (Ostle et al., 2009). Mae natur heterogenaidd priddoedd Cymru, lle mae gan lawer o ffermydd ardaloedd amrywiol yn cynnwys mwy nag un math o bridd, o ddwysedd gwahanol, yn ychwanegu at y cymhlethdod hwn. Yn drydydd, bydd y dull o reoli'r priddoedd hyn yn cael effaith drawiadol ar y gyfradd storio neu gollu carbon, ac mewn rhai achosion, er bod hyn yn llai amlwg mewn systemau porfeydd, efallai bydd angen newid y dulliau rheoli yn aml (gwahaniaethau yn y cylchredau cnydio, mewnbynnau, ac ati). Yn bedwerydd, hyd yn oed os oes data ar gael ar gyfer y pridd, gall gwahaniaethau yn y protocolau samplo wrth fesur newidiadau yn lefel carbon y pridd gael effeithiau mawr iawn ar y canlyniadau; er enghraifft, samplo ar ddyfnderau gwahanol, ac oherwydd yr amrywiaeth o briddoedd mewn cae, ac ati. (Dawson a Smith, 2007). Gyda'i gilydd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod yn rhaid dibynnu llawer felly ar ragdybiaethau ac amcangyfrifon wrth ragfynegi potensial storio systemau glaswelltir. Mae'r heriau hyn yn helpu i esbonio yn rhannol pam mae amcangyfrifon o werthoedd storio priddoedd ar ffermydd yn benodol yn amrywio yn dibynnu ar yr adnoddau gwahanol ar gyfer asesu carbon (Taft et al., 2018), a dylid bod yn ofalus iawn felly wrth eu dehongli. Gall y capasiti i wneud enillion sylweddol pellach o ran storio fod yn gyfyngedig mewn priddoedd o dan laswelltiroedd parhaol gan fod llawer ohonynt yn debygol

o fod yn gytbwys o ran carbon (mae lefelau allyriadau a storio wedi'u cydbwysu) (CIEL, 2020). Mae rhai yn dadlau y gall pori cylchdro gynyddu lefel y carbon mewn pridd, ond ar hyn o bryd nid oes digon o wyddoniaeth gadarn i bennu hyn. Yn yr achosion hynny lle'r oedd system pori cylchdro ar waith, ni chafodd hyn ei ystyried yn yr archwiliad hwn, gan fod amcangyfrif cyfraddau storio mewn priddoedd a reolir drwy'r dull hwn yn anodd iawn heb gymryd samplau manwl o'r pridd, fel y nodwyd eisoes.

Bydd y potensial a'r gyfradd storio mewn coetiroedd a gwrychoedd yn amrywio yn ôl ffactorau fel y rhywogaethau a blannwyd, hyd cylchdro'r coetir, amllder ffustio a phlygu gwrychoedd, mathau o bridd, a hinsawdd (Ostle et al., 2009). Fodd bynnag, daeth astudiaeth ddiweddar i'r casgliad bod sectorau biff ac ŵyn Seland Newydd bron iawn â chyrraedd sefyllfa garbon niwtral oherwydd y gorchudd coetir cymharol uchel ar ffermydd o'r fath (cymedr o 15%) gan gyfrif am storio sylweddol i wrthbwysu allyriadau (Beef and Lamb New Zealand, 2020). Mae hyn yn pwysleisio'r rôl bwysig y gall coed ei chwarae i storio carbon ar ffermydd. Dylid annog mesurau sy'n amddiffyn, ac yn wir sy'n gwella, lefel carbon mewn pridd, ynghyd â chyfleoedd i wella'r dull o reoli coed a gwrychoedd sydd eisoes yn bodoli, ochr yn ochr â phlannu coed yn strategol ar ffermydd da byw yng Nghymru. Mae mesurau posibl i wella lefelau storio yn cynnwys:

- *Gadael i wrychoedd dyfu'n uwch ac yn lletach.* Gallai hyn fod yn ffordd syml a rhad o gynyddu cyfraddau storio ar fferm, yn ogystal â chynnig gwell lloches i dda byw a bywyd gwyllt
- *Sefydlu gwrychoedd a choed ychwanegol mewn lleoliadau addas,* e.e. ar hyd llinellau ffensys, ar dir anghynhyrchiol. Gallai hyn wneud cyfraniad pwysig i leihau ôl-troed carbon y fferm gyfan unwaith y bydd y coed yn cyrraedd y cam lle mae cyfraddau storio yn uchel. Yn ogystal â storio carbon uwchben y ddaear ac mewn pridd, gall coed a gwrychoedd a gaiff eu plannu'n briodol wella effeithlonrwydd cynhyrchu hefyd drwy leihau colledion a cholledion ynni yn sgil gwella'r lloches a ddarperir
- Mae trin y tir cyn ailhau yn debygol o arwain at golli carbon o'r pridd, oherwydd bydd rhywfaint o'r carbon sydd wedi cronni yn cael ei golli wrth i facteria yn y pridd ei resbiradu. O safbwynt carbon, mae'n well *ailhau yn llai aml* (a dylai'r prif bwyslais fod ar reoli gwyndonnydd hŷn, fel eu bod yn dal i fod yn gynhyrchiol gan leihau'r angen i ailhau). Fodd bynnag, mae'r gyfradd storio yn debygol o gynyddu yn dilyn ailhau gan fod gwyndwn newydd yn cynhyrchu mwy, felly bydd yn adennill rhywfaint o'r carbon a gollwyd, nes y bydd y pridd unwaith yn rhagor yn cyrraedd sefyllfa o gydbwysedd. Os oes angen ailhau, mae'n well trin y tir gan ddefnyddio dulliau fel hau'n uniongyrchol neu dynnu croen hadau er mwyn lleihau faint o garbon sy'n cael ei golli o'r pridd a'r risg o erydiad
- *Cynnwys glastiroedd amlrywogaeth* ar ffermydd; hynny yw, cynnwys rhywogaethau â gwreiddiau dyfnach na glastiroedd rhygwellt yn unig. Gall rhywogaethau â gwreiddiau dwfn

storio carbon yn ddwfn yn y pridd, gan fod carbon y pridd yn cael ei grynhoi ym mharth gwreiddiau'r planhigyn (Thorup-Kristensen et al., 2020)

- *Mae gan borfeydd parhaol systemau gwreiddiau dyfnach hefyd yn gyffredinol na chnydau blynyddol gan fod rhywogaethau planhigion yn tyfu rhwydwaith o wreiddiau dyfnach dros amser, felly byddant yn cronni haenau dyfnach o garbon sy'n cael ei storio mewn priddoedd (Thorup-Kristensen et al., 2020)*
- *Gweithredu system bori cylchdro fanwl sy'n cael ei rheoli'n ofalus. Yn wahanol i systemau stocio sefydlog, mae systemau cylchdro yn cynnig cyfnodau o 'seibiant' i'r glaswellt ymadfer ar ôl ei bori, a gall hyn wella cynnyrch y glaswellt yn gyffredinol os caiff ei bori ar y cam pan mae'r glaswellt yn tyfu fwyaf (Dawson a Smith, 2007). Yn ei dro, dylai hyn hefyd olygu bod y gwreiddiau yn tyfu'n fwy gan gynyddu mewnbynnau carbon i'r pridd. Fodd bynnag, mae gwir angen rhagor o ymchwil i ddilysu hyn, gan nad yw'r dystiolaeth wyddonol yn bodoli ar hyn o bryd. Mae'n bwysig nodi hefyd os nad yw'r amodau tir yn addas, y gall pori cylchdro arwain at gywasgu'r pridd a chreu dŵr ffo, a fyddai yn y pen draw yn cael effaith andwyol ar lefelau storio'r pridd. At hyn, pan fydd systemau o'r fath yn arwain at gynnydd yn nifer y da byw, mae angen ystyried sut gall y cynnydd mewn allyriadau CH₄ wrthbwysu unrhyw effeithiau cadarnhaol sy'n gysylltiedig â storio mwy o garbon yn y pridd. Er y gall hyn leihau dwysedd allyriadau eu cynnyrch, mae'n amlwg yn cael yr effaith wrthgyferbyniol yn nhermau cyfanswm allyriadau'r fferm, ac ni fyddai hyn yn helpu'r sector amaeth yng Nghymru i wireddu ei uchelgais o gyrraedd sero-net o ran allyriadau.*

Casgliadau ac argymhellion

Mae amcangyfrif yr allyriadau net sy'n gysylltiedig â chynhyrchu ŵyn a biff ar ffermydd Cymru drwy ganfod eu hól traed carbon yn ymarfer gwerthfawr er mwyn helpu ffermwyr i ystyried sut mae eu dulliau rheoli yn effeithio ar gydbwysedd carbon eu fferm. Yn ogystal â lleihau costau cynhyrchu o bosibl, gall ffermwyr sy'n gallu dangos eu cymwysterau amgylcheddol fod mewn gwell sefyllfa i farchnata eu cynnyrch yn fwy cadarnhaol i ddefnyddwyr yn y dyfodol. Dylid nodi hefyd y gall cynlluniau ariannu preifat a chyhoeddus yn y dyfodol wobrwyo ffermwyr am eu harfer da. Ni fu erioed fwy o angen i wella ein dealltwriaeth o sut gellir lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr ar ffermydd a/neu eu gwrthbwysu drwy storio carbon.

Mae canlyniadau eich archwiliad carbon a gyflwynir yma yn rhoi amcangyfrif yn seiliedig ar y data a ddarparwyd gennych. Pwysleisir unwaith yn rhagor bod canfyddiadau'r archwiliad hwn yn cael eu mynegi fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (kg CO₂e/kg pwysau marw ŵyn neu biff), ac nid cyfanswm allyriadau'r fferm. Mae eich busnes ŵyn wedi cynhyrchu allyriadau net

(kg allyriadau CO₂e tynnu storio) o 13.4 kg CO₂e/kg pwysau marw wŷyn. O ran eich busnes bïff, yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) oedd 13.3 kg CO₂e/kg pwysau marw bïff.

Uchelgais y sector amaethyddiaeth yng Nghymru yw bod yn sero-net o ran allyriadau nwyon tŷ gwydr, sef storio o leiaf yr un swm o garbon ag y mae'n ei allyrru. Roedd yr allyriadau net (kg allyriadau CO₂e tynnu storio) yn bositif ar yr holl ffermydd a oedd yn rhan o'r prosiect hwn, h.y., ni wnaeth unrhyw fferm storio mwy o garbon na'r nwyon tŷ gwydr roedd eu gweithgareddau yn eu hallyrru. Er bod rhai eithriadau, ar y cyfan roedd storio yn gwneud gwahaniaeth bach yn unig i'r allyriadau net cyffredinol, gan wrthbwyso cyfwerth â 30% o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar draws yr holl systemau cynhyrchu. Er bod maint ein sampl ar gyfer yr astudiaeth hon yn fach, mae'r canlyniadau hyn yn awgrymu bod ffermydd Cymru yn wynebu her sylweddol i wireddu'r uchelgais sero-net. Mae lle i bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth hon roi mesurau ar waith i leihau ôl-troed carbon ei chynnyrch. **Er mwyn cyflawni hyn, bydd angen i ffermydd i) leihau allyriadau, a ii) storio mwy o garbon.**

O ran mesurau effeithlonrwydd, bydd diadell neu fuches sy'n cael ei rheoli'n dda yn arwain at y cyfraddau twf gorau o ran da byw, gan leihau faint o ddyddiau bydd anifeiliaid yn ei dreulio ar y fferm a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig. Mae hyn hefyd yn golygu bydd angen llai o fewnbynnau fel porthiant, a bydd llai o farwolaethau. Cyfraddau twf da byw yw swyddogaeth nifer o gynhyrchion – rhinweddau genetig yr anifeiliaid, eu deiet, iechyd anifeiliaid, a dylanwad newidynnau fel y tywydd, i enwi dim ond rhai. Byddai strategaethau sy'n gwneud y mwyaf o'r rhain yn gwneud synnwyr economaidd ac amgylchedd i ffermydd Cymru.

O ran lefelau storio, dylid annog cynnydd strategol yn y gorchudd coetir ar ffermydd Cymru oherwydd gall gynnig nifer o fuddion amgylcheddol, y tu hwnt i storio carbon, ac mewn llawer o achosion, gall arwain at fuddion o ran dichonoldeb economaidd busnesau fferm, yn enwedig os gall ffermwyr fanteisio ar gynlluniau i dalu am gostau sefydlu a/neu reoli. Yn y pen draw, mae'n debygol y bydd coed yn chwarae rhan bwysig i helpu'r sector da byw i symud tuag at allyriadau nwyon tŷ gwydr sero-net. Dylai mesurau sy'n cadw carbon yn y pridd gael eu rhoi ar waith, a dylid gwneud rhagor o ymchwil i brofi sut byddai gwella storio mewn priddoedd o dan systemau glaswelltir yn werth chweil iawn. Eto i gyd, mae'n bwysig cofio na ddylai mesurau i wella storio gymryd lle'r angen i leihau allyriadau yn gyffredinol, a dylai hyn fod y nod pennaf i sicrhau sector da byw sero-net yng Nghymru.

Fferm 4

Eich ôl troed carbon

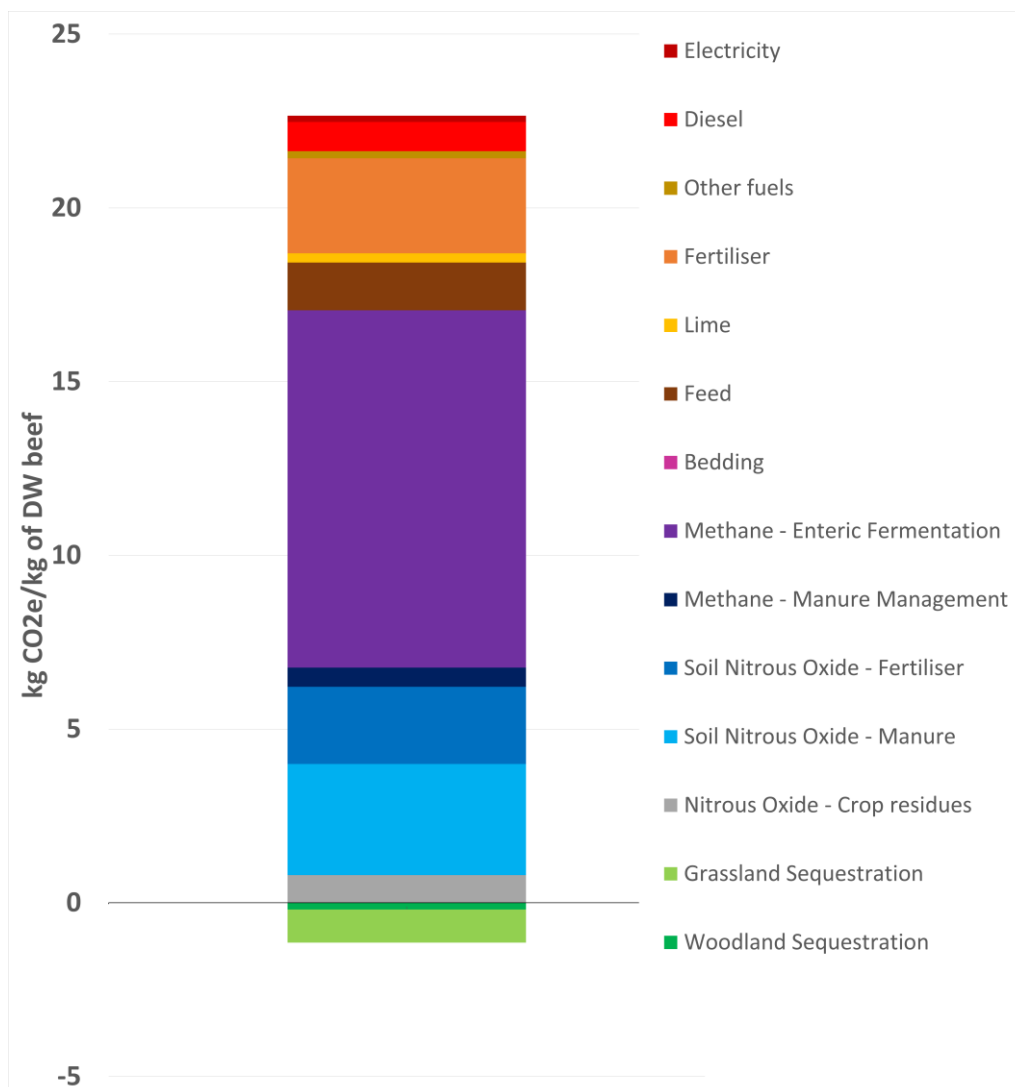
Cyflwynir olion traed carbon fel 'cywerthoedd carbon deuocsid', neu CO₂e, sef yr holl nwyon tŷ gwydr a fesurwyd wedi eu troi i faint sy'n gywerth ag un nwy tŷ gwydr a'u mynegi felly, ar sail eu gwerthoedd Potensial Cynhesu Byd-eang (GWP) a ddefnyddir yn rhyngwladol gan y Panel Rhynglywodraethol ar y Newid yn yr Hinsawdd (IPCC). Y nwyon tŷ gwydr sydd wedi eu cynnwys yn eich ôl troed, a'u troi'n CO₂e, yw carbon deuocsid (CO₂), ocsid nitrus (N₂O), a methan (CH₄). Y nwyon sy'n cael yr effaith fwyaf yw CH₄, sy'n cael ei gynhyrchu i raddau mawr gan dda byw a'u rhyddhau i mewn i'r atmosffer drwy eplesiad enterig, a N₂O, sy'n digwydd yn bennaf o bridd, yn dilyn taenu gwartaith nitrogen a thail da byw, yn ogystal â gollyngiad wrin a baw gan dda byw sy'n pori (wedi eu cynnwys yn adran "Ocsid Nitrus Pridd – Tail" eich ôl troed). Mae storio tail hefyd yn rhyddhau'r ddau nwy tail. Mae'r ddau nwy yma'n gryf iawn o ran eu GWP, ac mae'r pecyn yn rhoi ffactorau GWP o 25 i CH₄ a 298 i N₂O (IPCC, 2006). Mae hyn yn golygu bod gan CH₄ GWP sydd 25 gwaith yn fwy na CO₂, a bod gan N₂O GWP sydd 298 gwaith yn fwy na CO₂, dros gyfnod o 100 mlynedd. Mae rhai gwyddonwyr yn dadlau bod hyn yn chwyddo cyfraniad CH₄ i'r newid hinsawdd yn artiffisial wrth i'r CH₄ dorri i lawr ar ôl 12-20 mlynedd; fodd bynnag, fel yr esboniwyd eisoes, rydym wedi defnyddio'r GWP o 25 a gydnabyddir yn rhyngwladol ar gyfer CH₄, i gydymffurfio â'r dulliau a ddefnyddiwyd gan yr IPCC. Mae'n bwysig defnyddio dulliau cydnabyddedig i sicrhau bod y canlyniadau'n gredadwy.

Am fod eich fferm wedi cynhyrchu mwy nag un allbwn (bîff a llaeth), cafodd yr allyriadau o fentrau'r fferm eu dyrannu rhwng gwahanol allbynnau ar sail economaidd, fel canran o incwm cyfan y fferm a enillwyd o'r allbwn perthnasol. Mae defnydd fel hyn o ddyraniad economaidd yn caniatáu i feichiau cyffredin (e.e. o weithgynhyrchu a defnyddio gwartaith ar ffermydd cymysg) gael eu "rhannu" ar ffermydd unigol, rhwng allbynnau pwysau marw oen a bîff (BSI, 2011). Er enghraifft, pan fyddwch yn rhoi gwartaith ar dir sy'n cael ei bori gan wartheg bîff a gwartheg llaeth, os yw 60% o incwm eich fferm o wartheg bîff, yna byddai 60% o'r allyriadau a achosir gan y gwartaith hwnnw'n cael eu dyrannu i wartheg bîff, a 40% i wartheg llaeth. Yn yr un modd, mae gwerthoedd atafaelu wedi eu "rhannu" rhwng gwahanol fentrau ar sail dyraniad economaidd. Mae'n bwysig ailadrodd y ffaith bod y canlyniadau a gyflwynir yma wedi eu seilio ar ddata a roddir i ni. Felly mae cywirdeb y canlyniadau'n ddibynnol ar gywirdeb y data a ddarparwyd gennych chi.

Eich ôl troed carbon bîff

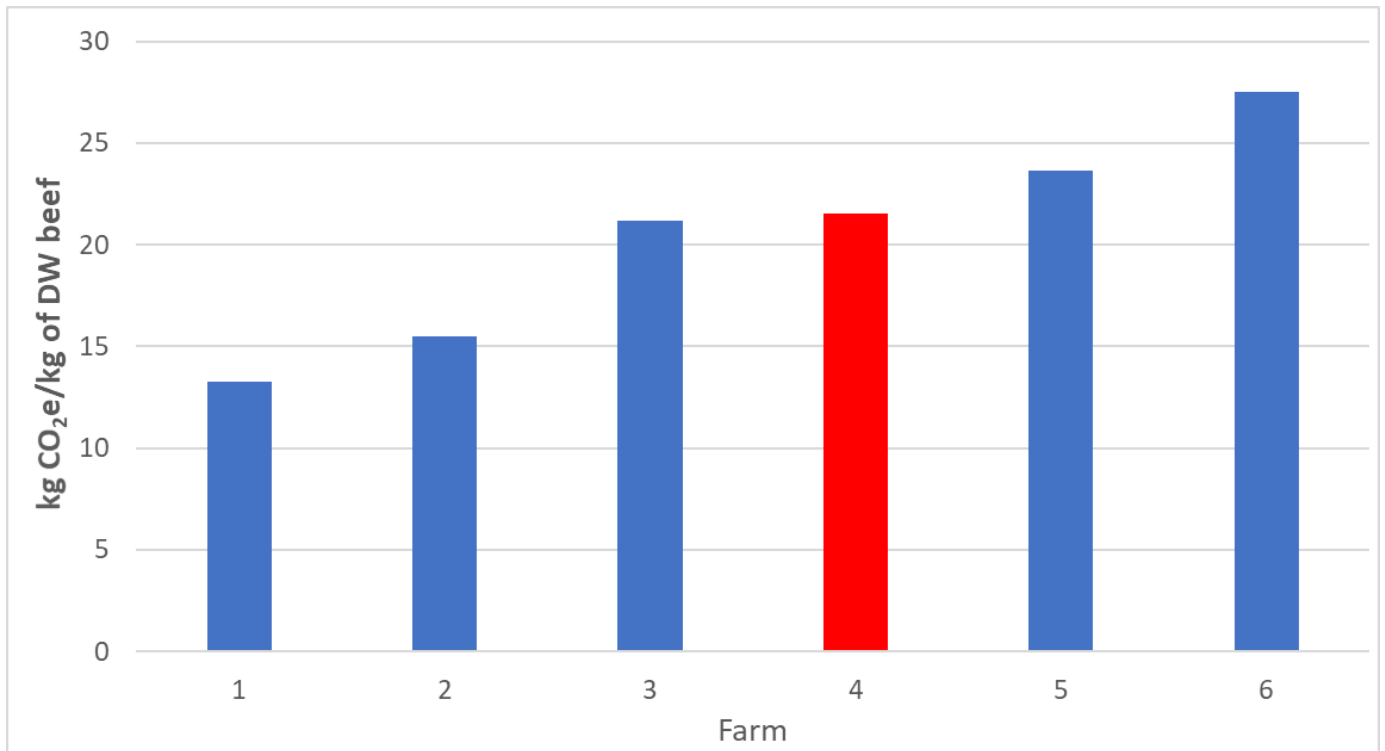
Yn Ffigur 1, rydym yn cyflwyno'r allbwn CO₂e cyfan fesul kg o gynnyrch bîff ar eich fferm am flwyddyn. Cyflwynir manylion atafaeliad carbon y fferm hefyd. Roedd eich allyriadau nwyon tŷ gwydr cyfan yn gyfartal â 22.7 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw (h.y., ar gyfer pob kg o bîff mewn pwysau marw a gynhyrchwyd gennych, rhoddodd hyn allyriadau o 22.7 kg o CO₂e), ac isod mae'r cyfartaledd o 28.4

kg o CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw ar gyfer y ffermydd bîff yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau atafaelu'n is na'r cyfartaledd, sef 1.2 kg CO₂e/kg o bîff pwysau marw (lle'r oedd y cyfartaledd yn 8.0 kg o CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw).



Ffigur 1: Eich ôl troed carbon bîff gyda gwerthoedd cadarnhaol yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o wÿn pwysau marw a gwerthoedd negyddol yn dangos atafaeliad/kg o bîff mewn pwysau marw ar y fferm.

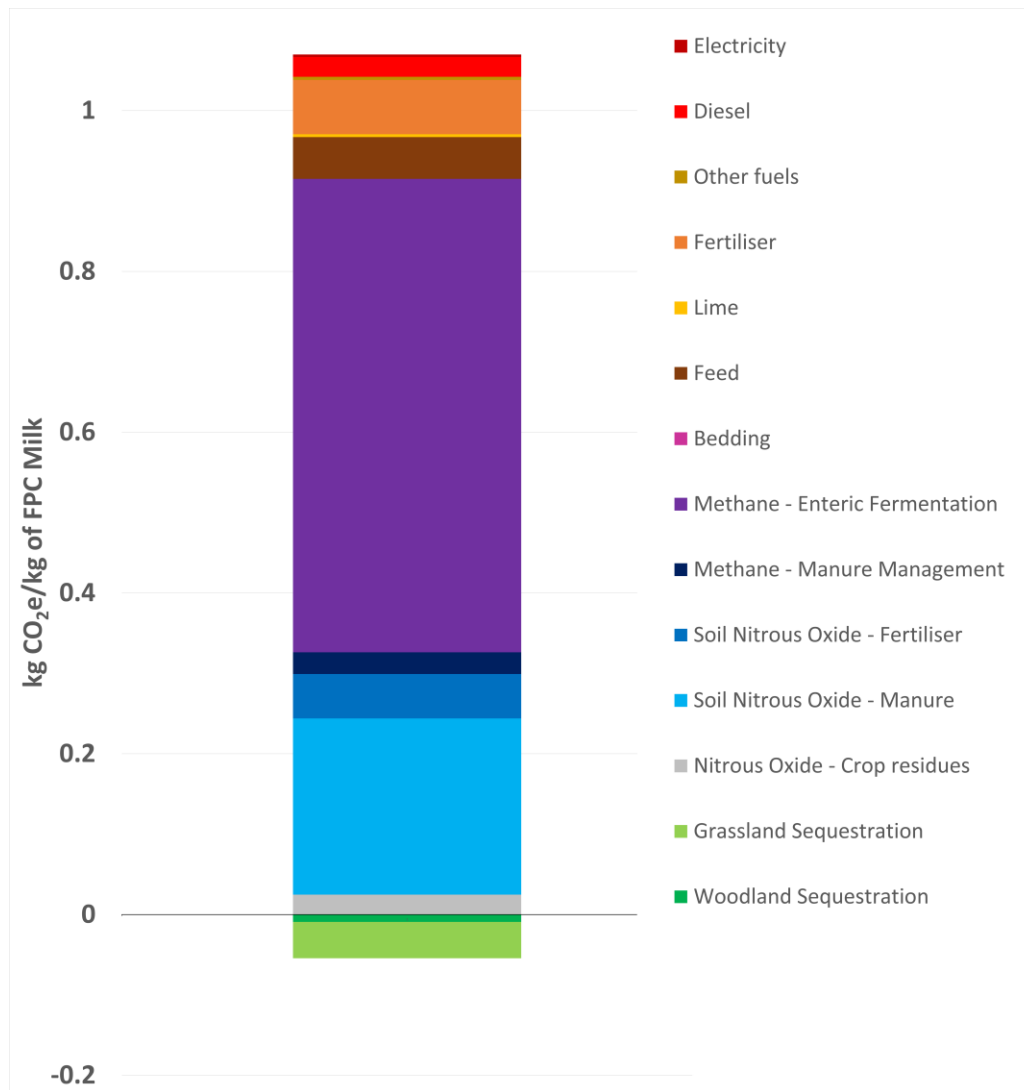
O ran eich menter bîff, **yr allyriadau net (allyriadau kg CO₂e heb yr atafaeliad) oedd 21.6 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw.** Mae hyn wedi ei ddangos gyda'r bar coch yn Ffigur 2 ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer y ffermydd i gyd.



Ffigur 2: Allyriadau net bïff mewn kg CO₂e/ kg o bïff pwysau marw ar y chwe fferm bïff mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm chi wedi ei dangos mewn coch.

Eich ôl troed llaeth

Yn Ffigur 3, rydym yn cyflwyno'r allbwn CO₂e cyfan fesul kg o gynnyrch llaeth ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion atafaeliad carbon y fferm wedi eu cyflwyno hefyd. Roedd eich allyriadau nwyon tÿ gwydr cyfan yn gyfartal ag 1.0 kg CO₂e/kg o laeth gyda'r braster a'r protein wedi'i gywiro (FPC) sydd fymryn yn is na'r cyfartaledd cenedlaethol o 1.3 kg CO₂e/kg o laeth FPC gan bob fferm laeth a archwiliwyd gan ddefnyddio AgRE Calc (The Farm Management Handbook, 2021). Roedd eich lefelau atafaelu oddeutu 0.1 kg CO₂e/kg o laeth FPC.



Ffigur 3: Eich ôl-troed carbon llaeth gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o laeth FPC a gwerthoedd negyddol yn dangos atafaeliad /kg o laeth FPC.

Canlyniad yr allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchwyd ar gyfer eich ôl troed llaeth a'r atafaeliad oedd yn digwydd ar y fferm **oedd allyriadau net (kg o allyriadau CO₂e wedi tynnu'r atafaeliad) o 0.9 kg CO₂e/kg o laeth FPC.**

Gostwng ôl troed carbon eich cynnyrch

Gwella effeithiolrwydd

Gallai mesurau sydd wedi eu bwriadu i ostwng ôl-troed carbon eich cynnyrch hefyd arwain at welliant ym mherfformiad y da byw ac, o bosib, at gynydd ym mhroffidoldeb y fferm. Gallai rhai o'r mesurau fod yn benodol i'r fferm, ac efallai na fyddent mor effeithiol neu berthnasol i'ch fferm chi ag ydynt i ffermydd eraill. Un esiampl o hyn o bosib fyddai'r gost, yr ymdrech a'r diffyg ymarferoldeb sy'n gysylltiedig â thrin ac ail-hadu porfeydd ar fryniau yn hytrach nag ar dir isel, lle gallai costau economaidd ac amgylcheddol fod yn uwch na'r adenillion posibl. Am y rheswm hwn, dylid rhoi blaenoriaeth i'r mesurau hynny a ystyrir yn effeithiol ac yn ymarferol i'ch fferm. Dyma fesurau posib i wella effeithiolrwydd:

- Mae un o'r strategaethau mwyaf effeithiol yn ymwneud ag *optimeiddio deiet anifeiliaid*, sydd â'r potensial i ostwng gofynion dwysfwydydd, gostwng costau porthiant, a chynyddu cyfraddau twf, gan olygu bod gostyngiad yn nifer y diwrnodau cyn gorffen (felly mae llai o CH₄ yn cael ei allyrru yn ystod bywyd yr anifail)
- Gallai *gwelliant genetig* helpu i ostwng y diwrnodau cyn y lladd a gwella'r cyfraddau twf, gan achosi llai o allyriadau cysylltiedig yn ystod bywyd yr anifail. Gallai'r mesur hwn hefyd arwain at gynydd mewn pwysau marw neu laeth a gynhyrchir heb gynydd mewn gofynion porthiant
- *Cynyddu'r canran magu lloi*, gan arwain at gynhyrchu mwy o kg fesul buwch, ac felly ostyngiad yn yr allyriadau sy'n gysylltiedig â'r fuwch
- *Gostwng bwlch lloia gwartheg*. Mae bwlch lloia estynedig yn golygu bod yn rhaid i anifeiliaid eraill ysgwyddo baich nwyon tŷ gwydr gwartheg llawndwf sy'n llai cynhyrchiol. O ystyried pwysau corff uchel gwartheg llawndwf, maen nhw'n gallu cyfrif am gyfran sylweddol o'r allyriadau sy'n gysylltiedig â defnydd porthiant ac eplesu enterig. Gallai cyfnod lloia hirach hefyd arwain at fwy o elfennau aneffeithlon ar gamau hwyrach y cynhyrchiad, fel problemau yn ymwneud â'r bwyd gorau i anifeiliaid ar wahanol gamau twf
- *Gostwng oed yr heffer pan mae'n gyflo am y tro cyntaf*, gan arwain at fwy o allbwn (kg a gynhyrchir) yn iau (neu fel arall nid yw'n gynhyrchiol), gan felly ostwng y nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r heffer ar y cyfnod hwn yn ei bywyd (ac felly, ar hyd ei hoes)
- *Gall gostwng y baich clefydau* (e.e., gostwng colledion drwy erthyly, cloffni, niwmonia) neu barasitau (e.e. llyngyr gastroberfeddol) gael effeithiau sylweddol iawn ar werth a pherfformiad da byw, a gostwng allyriadau nwyon tŷ gwydr fesul kg a gynhyrchir
- *Mae gwella'r ffordd y mae gwrtaitth/slyri yn cael ei storio a'i ddefnyddio* (e.e., osgoi ei wasgaru yn ystod y gaeaf) yn gallu gostwng allyriadau a gostwng yr angen am wrtaith wedi'i brynu i mewn oherwydd gwneir gwell defnydd o'r maetholion o fewn y cynnyrch

- *Gwella rheolaeth y glaswelltir*, gan felly ostwng yr angen am borthiant wedi'i brynu i mewn a gwella cyfraddau twf
- *Mae defnyddio codlysiâu* (planhigion sy'n cynyddu nitrogen mewn priddoedd yn naturiol, fel meillion) yn gallu bod yn ffynhonnell werthfawr o borthiant cartref, ansawdd uchel, a gostwng yr angen am brynu gwrtaith i mewn
- Wrth ail-hadu, dangoswyd bod crynodiadau'r *glaswelltydd gyda maint uchel o garbohydrad dŵr-hydawdd* (WSC) ("glaswelltydd siwgr uchel") yn gostwng allyriadau N₂O o systemau porfa drwy ostwng ysgarthiad nitrogen mewn anifeiliaid sy'n bwydo ar laswelltydd o'r fath o'i gymharu â glaswelltydd confensiynol
- *Mae cyflwyno cnydau fforio mewn cylchdro glaswellt neu gnwd â'r yn gallu gostwng baich y plâu a'r chwyn*, gan arbed defnyddio chwynladdwyr a phlaladdwyr a'u hallyriadau cysylltiedig (er y credid bod y defnydd o'r amaeth-gemegion hyn yn rhy isel i'w cynnwys yn yr archwiliad hwn).

Gwella atafaeliad

Mae atafaelu carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) yn darparu cyfle gwerthfawr i liniaru allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar y fferm. Rydym yn amcangyfrif bod atafaelu wedi lliniaru tua 5% o ôl troed cyfan eich fferm. Mae glaswelltir yn cyfrif am ganran sylweddol o'r atafaeliad ar eich fferm. Mae hynny i'w ddisgwyl, am fod cyfran fawr o'ch tir wedi ei reoli fel glaswelltir.

Rydym yn amcangyfrif atafaeliad eich pridd, ar sail y wyddoniaeth gyfredol. Mae llawer o drafodaeth am y posibilrwydd o liniaru allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n deillio o dda byw drwy atafaelu carbon mewn systemau glaswelltir sy'n dominyddu yng Nghymru. Fodd bynnag, mae'r cwestiwn a yw priddoedd amaethyddol yn suddfan garbon (yn atafaelu carbon) neu'n ffynhonnell (yn rhyddhau carbon) yn dibynnu ar nifer o newidynnau eang, yn cynnwys hinsawdd, y math o bridd, defnydd/rheolaeth y tir, argaeledd dŵr ac, yn fwyaf pwysig, cynnwys deunydd organig gwirioneddol y pridd (Freibauer et al., 2004). Mae'n anodd amcangyfrif atafaeliad yn gywir heb samplu mewn caeau i fesur y newid gwirioneddol yng ngharbon y pridd. I ddechrau, mae newidiadau yng ngharbon y pridd yn tueddu i ddigwydd yn araf (dros lawer o flynyddoedd), felly mae'n heriol i ganfod beth yw'r cyfraddau atafaelu (ac i'r gwrthwyneb, mae cyfrifo allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â mewnbynnau fferm yn llawer haws o'i gymharu). Yn ail, mae carbon pridd (a'r potensial i atafaelu) yn ddibynnol iawn ar y math o bridd, ac mae'r potensial atafaelu mewn priddoedd mwynau ysgafnach yn llawer gwaith mwy nag ydyw mewn priddoedd organig cyfoethog, am fod cyfradd yr atafaelu'n arafu dros amser (Ostel et al., 2009). Mae natur heterogenaidd priddoedd yng Nghymru, gyda llawer o ffermydd sydd ag arwynebeddau amrywiol o fwy nag un math o bridd, o wahanol ddwyseddau swmp, yn ychwanegu at y cymhlethdod hwn. Yn drydydd, bydd rheolaeth y priddoedd hynny'n cael effaith

nodedig ar gyfradd y carbon sy'n cael ei atafaelu neu ei golli, ac mewn rhai achosion – er bod hyn yn llai mewn systemau porfa – gallai olygu bod y rheolaeth yn cael ei newid yn aml (gwahaniaethau mewn cylchoedd cnydau, mewnbynau ac ati). Yn bedwerydd, hyd yn oed lle mae data am bridd yn bodoli, mae amrywiaeth mewn protocolau samplu i fesur newidiadau mewn carbon pridd yn gallu cael effeithiau nodedig iawn ar y canlyniadau; er enghraifft, samplu ar wahanol ddyfnderoedd, ac oherwydd amrywiaeth priddoedd o fewn gwahanol gaeau, ac ati (Dawson a Smith, 2007). Ar y cyd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod dibyniaeth uchel felly ar dybiaethau ac amcangyfrifon wrth ragweld potensial atafaelu systemau Glaswelltir. Mae heriau fel hyn yn esbonio, o leiaf yn rhannol, pam mae amcangyfrifon am werthoedd atafaelu priddoedd ar ffermydd yn amrywio'n amlwg rhwng gwahanol ddulliau asesu carbon (Taft et al., 2018), a dylent bob amser gael eu dehongli gyda gofal. Efallai fod y gallu i wneud adenillion sylweddol pellach mewn atafaelu'n gyfyngedig mewn priddoedd sydd o dan laswelltiroedd parhaol am fod llawer ohonynt yn debygol o fod mewn cyflwr o ecwilibriwm carbon (lle mae allyriadau ac atafaeliad yn gytbwys) (CIEL, 2020). Mae rhai pobl yn dadlau bod pori cylchdro'n gallu cynyddu carbon pridd; ond, ar hyn o bryd, does dim digon o wyddoniaeth gadarn i ganfod a yw hynny'n wir. Lle defnyddir dull pori cylchdroadol, ni ystyriwyd hynny o fewn yr archwiliad hwn, oherwydd mae amcangyfrif cyfraddau atafaelu mewn priddoedd a reolir yn y ffordd yma yn anodd iawn heb samplu pridd manwl, fel y crybwyllwyd eisoes.

Bydd cyfradd a photensial atafaelu mewn coetiroedd a gwrychoedd yn amrywio gyda ffactorau fel rhywogaethau a blannwyd, hyd cylchdro coetir, amlder ffustio a gosod gwrychoedd, mathau o bridd a hinsawdd (Ostle et al., 2009). Ond, daeth astudiaeth ddiweddar i'r casgliad bod sectorau biff ac oen Seland Newydd yn agos at gyflawni niwtraliaeth garbon oherwydd y gorchudd gweddol uchel o goetir ar ffermydd o'r fath (cymedr o 15%) sy'n cyfrif am atafaelu sylweddol i liniaru allyriadau (Biff ac Oen Seland Newydd, 2020). Mae hyn yn pwysleisio'r rôl bwysig y gall coed ei chwarae mewn atafaelu carbon ar ffermydd. Rhaid annog mesurau sy'n diogelu, ac yn wir yn gwella carbon yn y pridd, ynghyd â chyfleoedd i wella'r coed a'r gwrychoedd sydd yno'n barod, ochr yn ochr â phlannu coed yn strategol ar ffermydd da byw Cymreig. Dyma rai mesurai posibl i wella lefelau atafaelu:

- Gallai *gadael i wrychoedd dyfu'n dalach ac yn ehangach* gynnig ffordd syml a chost-niwtral o gynyddu cyfraddau atafaelu ar ffermydd, yn ogystal â darparu gwell lloches i dda byw a bywyd gwylt
- Gallai *sefydlu gwrychoedd a choed ychwanegol mewn lleoliadau addas*, e.e. ar hyd llinellau ffensys, ar dir nad yw'n gynhyrchiol, wneud cyfraniadau pwysig o ran gostwng ôl troed ffermydd cyfan unwaith mae'r coed yn cyrraedd y sefyllfa lle mae cyfraddau atafaelu'n uchel. Yn ogystal ag atafaelu carbon uwchlaw'r ddaear ac mewn pridd, gall plannu coed a gwrychoedd yn briodol wella effeithiolrwydd cynhyrchiad hefyd drwy ostwng colledion a cholli ynni drwy wella'r ddarpariaeth lloches

- Mae trin y tir cyn ail-hadu yn debygol o achosi colli carbon o briddoedd, oherwydd bydd rhywfaint o'r carbon yn cael ei golli wrth i facteria'r pridd ei resbiradu. O safbwynt carbon, mae'n well *gostwng amllder ail-hadu* (a dylai'r prif ffocws fod ar reoli lleiniau hŷn yn dda fel eu bod yn parhau'n gynhyrchiol, ac yn gostwng yr angen i ail-hadu). Ond, mae cyfradd yr atafaelu'n debygol o gynyddu yn dilyn ail-hadu oherwydd cynnyrch uwch o lain newydd, gan adfer rhywfaint o'r carbon a gollwyd, nes bydd y pridd yn cyrraedd ecwilibriwm eto. Wrth ail-hadu, mae dulliau sy'n trin y tir gyn lleied â phosibl, fel drilio uniongyrchol neu greithio hadau yn well er mwyn gostwng colli carbon o'r pridd a'r risg o erydu'r pridd
- *Ymgorffori glastiroedd gyda rhywogaethau amrywiol* ar y fferm sydd fel arfer â strwythur twf sy'n ymwreiddio'n ddyfnach na glastiroedd rhygwellt yn unig. Mae rhywogaethau fel hyn sydd â gwreiddiau mor ddwfn yn gallu darparu 'atafaeliad dwfn' o garbon mewn priddoedd, o gymryd bod carbon y pridd wedi ei ganolbwyntio ym mharth gwreiddiau'r planhigyn (Thorup-Kristensen et al., 2020)
- *Yn gyffredinol mae gan borfeydd parhaol systemau gwreiddiau dyfnach* na chnydau blynyddol wrth i'r rhywogaethau planhigion dyfu rhwydwaith gwreiddiau mwy dros amser, ac felly byddent yn cronni haenau dyfnach o atafaeliad carbon mewn priddoedd (Thorup-Kristensen et al., 2020)

Gweithredu system bori gylchdroadol fanwl sy'n cael ei rheoli'n ofalus. O'u cymharu â systemau wedi eu stocio'n sefydlog, mae systemau cylchdroi'n caniatáu cyfnodau 'gorffwys' i laswellt adfer yn dilyn pori, sy'n gallu gwella cnydau glaswellt yn gyffredinol os bydd pori'n digwydd ar y cam tyfu glaswellt gorau (Dawson a Smith, 2007). Yn ei dro, dylai hyn hefyd gynyddu twf gwreiddiau ac felly'r mewnbynnau carbon i'r pridd. Ond, mae angen mawr am ymchwil pellach i ddilysu hyn, oherwydd nid yw'r dystiolaeth wyddonol yn bodoli ar hyn o bryd. Mae'n bwysig hefyd i nodi hyn: os nad yw amodau'r tir yn addas, gall pori cylchdroadol arwain at gywasgu'r pridd a dŵr ffo, a fyddai yn y pen draw yn effeithio'n negyddol ar lefelau atafaelu'r pridd. Ymhellach, lle mae systemau fel hyn yn arwain at gynydd yn niferoedd y da byw, mae angen ystyried sut y gallai'r lefelau uwch o allyriadau CH₄ orbwyso unrhyw effeithiau cadarnhaol sy'n gysylltiedig â chynnydd mewn storio carbon yn y pridd. Er y gallai hyn ostwng dwysedd allyriadau eu cynhyrchion, mae'n amlwg yn cael effaith i'r gwrthwyneb yn nhermau allyriadau fferm gyfan, ac ni fyddai hyn yn helpu amaethyddiaeth Cymru i gyrraedd ei huchelgais o allyriadau sero net.

Casgliadau ac argymhellion

Mae amcangyfrif yr allyriadau net sy'n gysylltiedig â chynhyrchu cig oen a biff ar ffermydd Cymru drwy fesur ôl troed carbon yn ymarfer gwerthfawr i helpu ffermwyr i ystyried sut mae eu rheolaeth yn effeithio ar gydbwysedd carbon eu fferm. Yn ogystal â gostwng costau cynhyrchiad, efallai y bydd

ffermwyr sy'n gallu dangos eu cymwysterau amgylcheddol mewn sefyllfa well i farchnata eu cynnyrch yn fwy cadarnhaol i brynwyr yn y dyfodol. Dylid nodi hefyd y gallai cynlluniau ariannu preifat a chyhoeddus yn y dyfodol wobrwyo arferion da. Ni chafwyd erioed fwy o angen i wella ein dealltwriaeth o'r ffordd y gall allyriadau nwyon tŷ gwydr ffermydd gael eu gostwng a/neu eu lliniaru drwy atafaelu.

Mae canlyniadau eich archwiliad carbon a gyflwynir yma'n amcangyfrif wedi ei seilio ar y data a roesoch. I ailadrodd, mae canfyddiadau'r archwiliad hon wedi eu mynegi fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (kg CO₂e/kg o biff mewn pwysau marw) a fesul uned o laeth (kg CO₂e/kg o laeth FPC), ac nid dyma allyriadau cyfan y fferm. Canlyniad eich menter biff oedd allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) o 21.6 kg CO₂e/kg o biff mewn pwysau marw. Yn nhermau eich menter llaeth, yr allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) oedd 0.9 kg CO₂e/kg o laeth FPC

Mae gan amaethyddiaeth Cymru uchelgais i fod yn sero net o ran allyriadau nwyon tŷ gwydr, gan olygu ei bod yn atafaelu o leiaf cymaint o garbon ag y mae'n ei allyrru. Roedd yr allyriadau net (kg CO₂e yr allyriadau heb yr atafaelu) yn gadarnhaol ar bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth, h.y. nid oedd unrhyw fferm wedi atafaelu mwy o garbon na'r nwyon tŷ gwydr yr oedd eu gweithrediadau yn eu hallyrru. Er bod rhai eithriadau, doedd atafaelu yn gyffredinol ddim ond yn gwneud gwahaniaeth cymedrol ar y cyfan i'r allyriadau net, gan liniaru maint sy'n gyfartal â 30% o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar draws yr holl systemau cynhyrchu. Er bod ein maint sampl yn fach yn yr astudiaeth hon, mae'r canlyniadau hyn yn dangos bod gan ffermydd Cymru her sylweddol felly i gyflawni'r uchelgais sero net. Mae'n bosib i bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth hon weithredu mesurau i ostwng ôl troed carbon eu cynnyrch. **I gyflawni hyn, bydd angen i ffermydd i) ostwng allyriadau, a hefyd ii) wella atafaeliad.**

O ran mesurau effeithiolrwydd, bydd buches neu braidd sy'n cael eu rheoli'n dda yn sicrhau'r cyfraddau twf da byw gorau, gan ostwng eu dyddiau ar y fferm a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr cysylltiedig. Mae hyn hefyd yn gofyn llai o fewnbynau fel porthiant, ac yn gostwng marwolaethau. Mae cyfraddau twf da byw yn ddibynnol ar lawer o gynhyrchion – teilyngdod genetig yr anifeiliaid, eu deiet, iechyd yr anifail a dylanwad newidynnau fel y tywydd, a llawer iawn mwy. Byddai strategaethau sy'n sicrhau'r gorau o'r rhain yn gwneud synnwyr economaidd ac amgylcheddol i ffermydd Cymru.

O ran y lefelau atafaelu, rhaid annog cynnydd strategol yn y gorchudd coetiroedd ar ffermydd Cymru oherwydd gall gynnig nifer o fanteision amgylcheddol uwchlaw atafaelu carbon, ac mewn llawer o achosion, fuddion i hyfywedd economaidd busnesau fferm, yn enwedig lle gall ffermwyr fanteisio ar gynlluniau i dalu costau sefydlu a/neu reoli. Yn y pendraw, mae'n debyg y bydd coed yn chwarae rhan bwysig o ran helpu'r sector da byw yng Nghymru i symud tuag at allyriadau nwyon tŷ gwydr sero net.

Dylid gweithredu mesurau sy'n cadw carbon yn y pridd, a byddai ymchwil pellach i brofi sut i wella atafaeliad mewn priddoedd o dan systemau glaswelltir yn fanteisiol iawn. Fodd bynnag, mae hefyd yn bwysig cofio na ddylai atafaelu gwell gymryd lle gostyngiad cyffredinol yn yr allyriadau, a hynny ddylai fod yn brif nod wrth weithio i sicrhau sector da byw sero net yng Nghymru.

Fferm 5

Eich ôl troed carbon

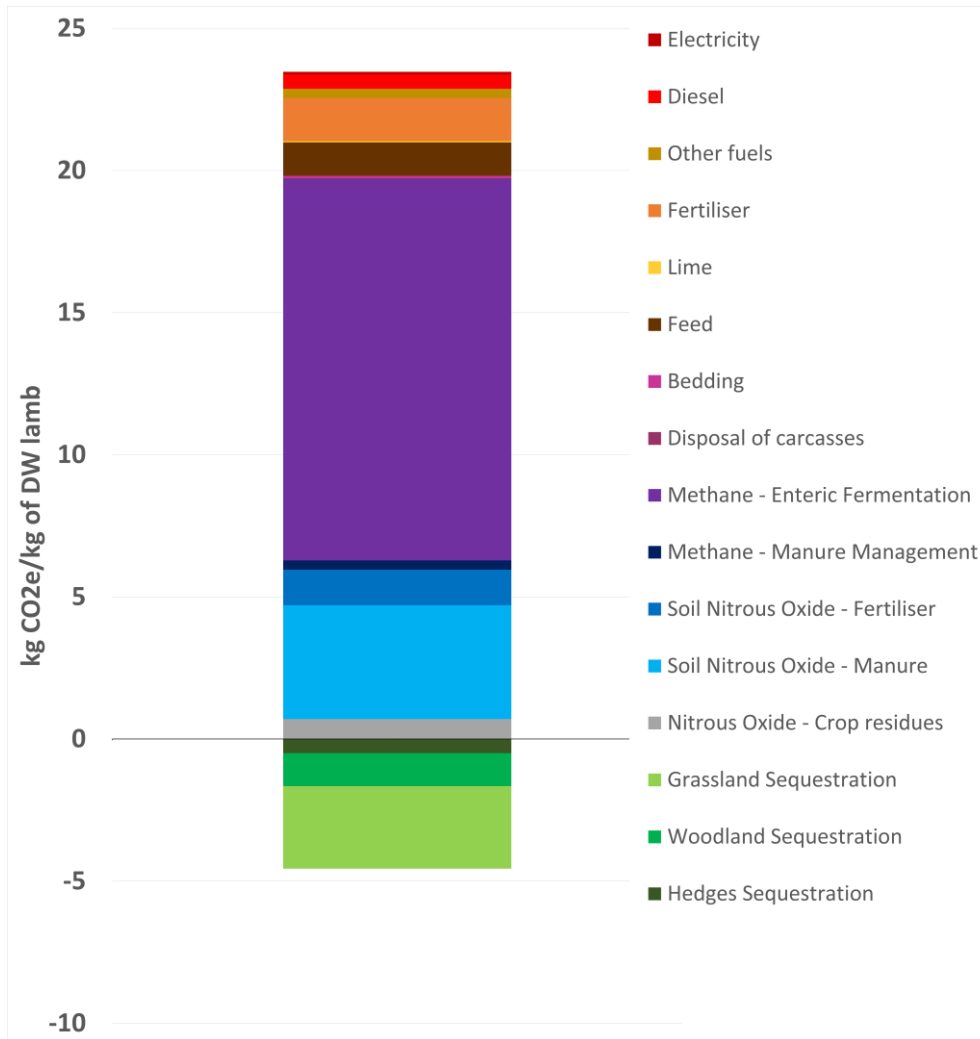
Cyflwynir olion traed carbon fel 'cywerthoedd carbon deuocsid', neu CO₂e, sef yr holl nwyon tŷ gwydr a fesurwyd wedi eu troi i faint sy'n gywerth ag un nwy tŷ gwydr a'u mynegi felly, ar sail eu gwerthoedd Potensial Cynhesu Byd-eang (GWP) a ddefnyddir yn rhyngwladol gan y Panel Rhynglywodraethol ar y Newid yn yr Hinsawdd (IPCC). Y nwyon tŷ gwydr sydd wedi eu cynnwys yn eich ôl troed, a'u troi'n CO₂e, yw carbon deuocsid (CO₂), ocsid nitrus (N₂O), a methan (CH₄). Y nwyon sy'n cael yr effaith fwyaf yw CH₄, sy'n cael ei gynhyrchu i raddau mawr gan dda byw a'u rhyddhau i mewn i'r atmosffer drwy

eplesiad enterig, a N₂O, sy'n digwydd yn bennaf o bridd, yn dilyn taenu gwrtaitn nitrogen a thail da byw, yn ogystal â gollyngiad wrin a baw gan dda byw sy'n pori (wedi eu cynnwys yn adran "Ocsid Nitrus Pridd – Tail" eich ôl troed). Mae storio tail hefyd yn rhyddhau'r ddau nwy tail. Mae'r ddau nwy yma'n gryf iawn o ran eu GWP, ac mae'r pecyn yn rhoi ffactorau GWP o 25 i CH₄ a 298 i N₂O (IPCC, 2006). Mae hyn yn golygu bod gan CH₄ GWP sydd 25 gwaith yn fwy na CO₂, a bod gan N₂O GWP sydd 298 gwaith yn fwy na CO₂, dros gyfnod o 100 mlynedd. Mae rhai gwyddonwyr yn dadlau bod hyn yn chwyddo cyfraniad CH₄ i'r newid hinsawdd yn artiffisial wrth i'r CH₄ dorri i lawr ar ôl 12-20 mlynedd; fodd bynnag, fel yr esboniwyd eisoes, rydym wedi defnyddio'r GWP o 25 a gydnabyddir yn rhyngwladol ar gyfer CH₄, i gydymffurfio â'r dulliau a ddefnyddiwyd gan yr IPCC. Mae'n bwysig defnyddio dulliau cydnabyddedig i sicrhau bod y canlyniadau'n gredadwy.

Am fod eich fferm wedi cynhyrchu mwy nag un allbwn (bîff a llaeth), cafodd yr allyriadau o fentrau'r fferm eu dyrannu rhwng gwahanol allbynnau ar sail economaidd, fel y canran o incwm cyfan y fferm a enillwyd o'r allbwn perthnasol. Mae defnydd fel hyn o ddyraniad economaidd yn caniatáu i feichiau cyffredin (e.e. o weithgynhyrchu a defnyddio gwrtaitn ar ffermydd cymysg) gael eu "rhannu" ar ffermydd unigol, rhwng allbynnau pwysau marw oen a bîff (BSI, 2011). Er enghraifft, pan fyddwch yn rhoi gwrtaitn ar dir sy'n cael ei bori gan wartheg a defaid, os yw 60% o incwm eich fferm yn dod o wartheg, yna byddai 60% o'r allyriadau a achosir gan y gwrtaitn hwnnw'n cael eu dyrannu i wartheg, a 40% i wŷn. Yn yr un modd, mae gwerthoedd atafaelu wedi eu "rhannu" rhwng gwahanol fentrau ar sail dyraniad economaidd. Mae'n bwysig ailadrodd y ffaith bod y canlyniadau a gyflwynir yma wedi eu seilio ar ddata a roddir i ni. Felly mae cywirdeb y canlyniadau'n ddibynnol ar gywirdeb y data a ddarparwyd gennych chi.

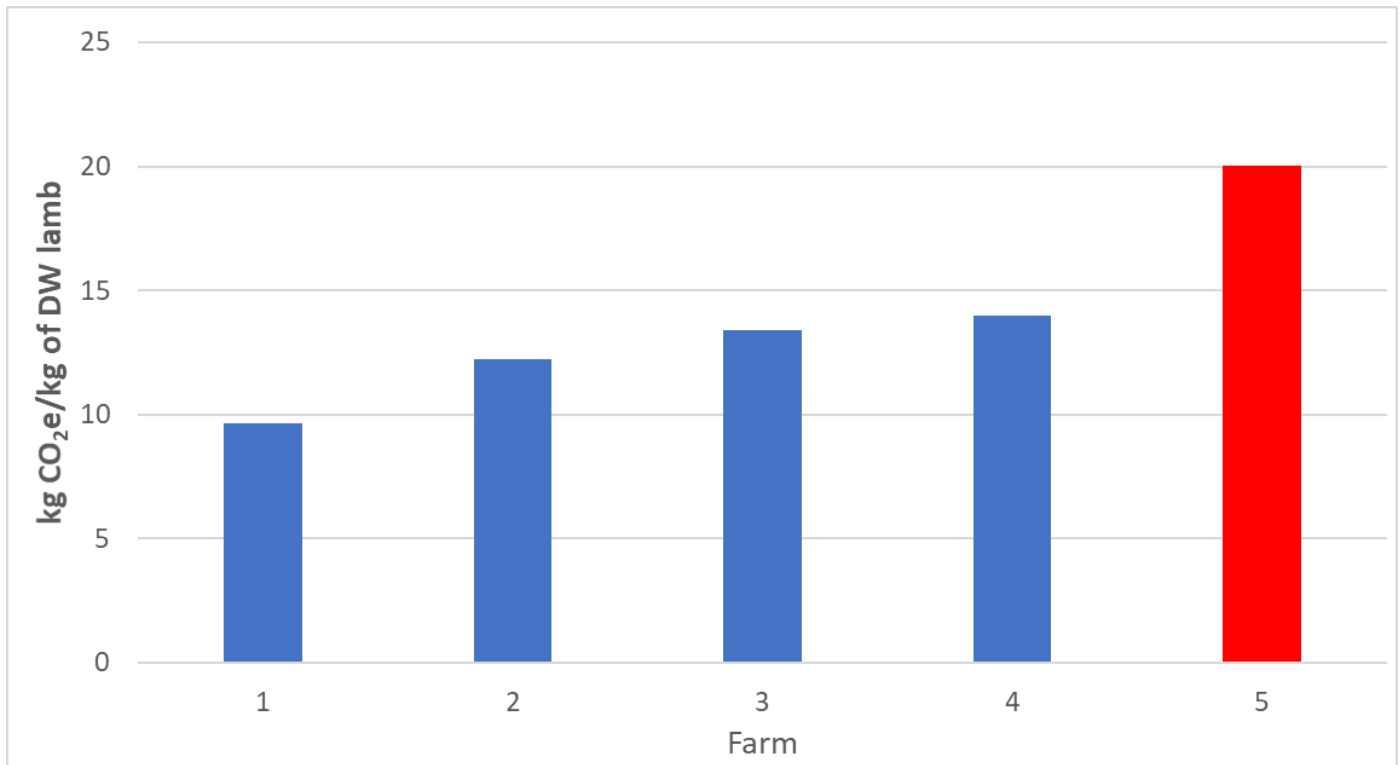
Eich ôl troed carbon mewn perthynas ag oen

Yn Ffigur 1, rydym yn cyflwyno'r allbwn CO₂e cyfan fesul kg o gynnyrch oen ar eich fferm am flwyddyn. Cyflwynir manylion atafaeliad carbon y fferm hefyd. Roedd eich allyriadau nwyon tŷ gwyrdr cyfan yn gyfartal â 24.6 kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw (h.y., ar gyfer pob kg o oen mewn pwysau marw a gynhyrchwyd gennych, rhoddodd hyn allyriadau o 24.6 kg o CO₂e). Roedd hyn yn uwch na'r cyfartaledd o 19.4 kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw ar gyfer ffermydd defaid yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau atafaelu fymryn yn is na'r cyfartaledd, sef 4.6 kg CO₂e/kg o oen pwysau marw (lle'r oedd y cyfartaledd yn 5.5 kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw).



Ffigur 1: Eich ôl troed carbon mewn perthynas ag ŵyn gyda gwerthoedd cadarnhaol yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o ŵyn pwysau marw a gwerthoedd negyddol yn dangos atafaeliad /kg o ŵyn pwysau marw ar y fferm.

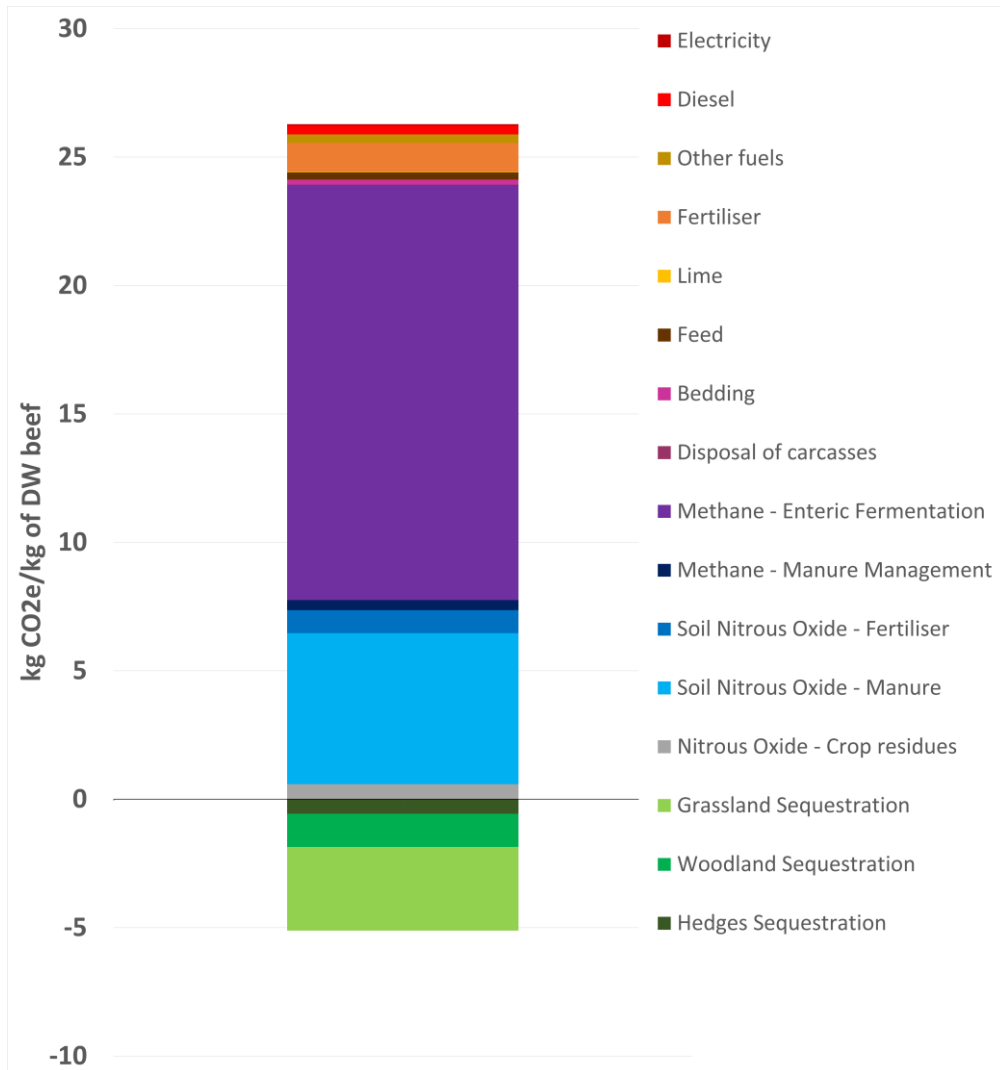
Canlyniad yr allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchwyd i'ch ôl-troed oen a'r atafaelu sy'n digwydd ar y fferm **oedd allyriadau net (allyriadau kg CO₂e heb yr atafaeliad) o 20.0 kg CO₂e/kg o ŵyn pwysau marw**. Mae hyn wedi ei ddangos gyda'r bar coch yn Ffigur 2, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer y ffermydd i gyd



Ffigur 2: Allyriadau net wŷn mewn kg CO₂e/ kg o wŷn pwysau marw ar y pum fferm ddefaid mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm chi wedi ei dangos mewn coch.

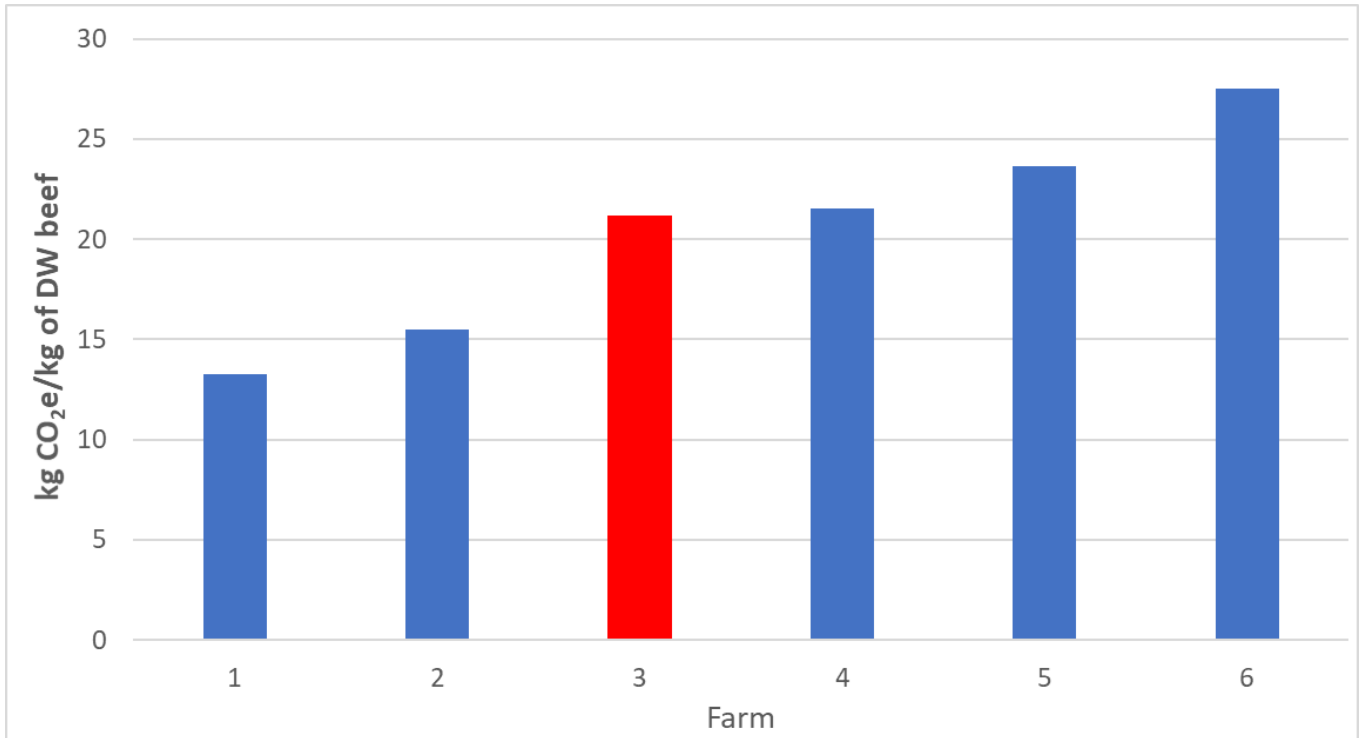
Eich ôl troed carbon bîff

Yn Ffigur 3, rydym yn cyflwyno'r allbwn CO₂e cyfan fesul kg o gynnyrch bîff ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion atafaeliad carbon y fferm wedi eu cyflwyno hefyd. Roedd eich allyriadau nwyon tŷ gwyrdr cyfan yn gyfartal â 26.3 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw, ac ychydig yn llai na'r cyfartaledd o 28.4 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw ar gyfer ffermydd bîff yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau atafaelu'n is na'r cyfartaledd ar gyfer pob fferm, sef 5.1 kg CO₂e/kg o bîff pwysau marw (lle'r oedd y cyfartaledd yn 8.0 kg CO₂e/kg o bîff pwysau marw).



Ffigur 3: Eich ôl troed carbon bïff gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o wÿn mewn pwysau marw a gwerthoedd negyddol yn dangos atafaeliad fferm/kg o bïff pwysau marw.

O ran eich menter bïff, **yr allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) oedd 21.2kg CO₂e/kg o bïff pwysau marw.** Mae hyn wedi'i ddangos gyda'r bar coch yn Ffigur 4, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer y ffermydd i gyd.



Ffigur 4: Allyriadau net bïff mewn kg CO₂e/ kg o bïff pwysau marw o'r chwe fferm bïff mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm wedi'i hamlygu mewn coch.

Gostwng ôl troed carbon eich cynnyrch

Gwella effeithiolrwydd

Gallai mesurau sydd wedi eu bwriadu i ostwng ôl-troed carbon eich cynnyrch hefyd arwain at welliant ym mherfformiad y da byw ac, o bosib, at gynnydd ym mhroffidoldeb y fferm. Gallai rhai o'r mesurau fod yn benodol i'r fferm, ac efallai na fyddent mor effeithiol neu berthnasol i'ch fferm chi ag ydynt i ffermydd eraill. Un esiampl o hyn o bosib fyddai'r gost, yr ymdrech a'r diffyg ymarferoldeb sy'n gysylltiedig â thrin ac ail-hadu porfeydd ar fryniau yn hytrach nag ar dir isel, lle gallai costau economaidd ac amgylcheddol fod yn uwch na'r adenillion posibl. Am y rheswm hwn, dylid rhoi blaenoriaeth i'r mesurau hynny a ystyrir yn effeithiol ac yn ymarferol i'ch fferm. Dyma fesurau posib i wella effeithiolrwydd:

- Mae un o'r strategaethau mwyaf effeithiol yn ymwneud ag *optimeiddio diet anifeiliaid*, sydd â'r potensial i ostwng gofynion dwysfwydydd, gostwng costau porthiant, a chynyddu cyfraddau twf, gan olygu bod gostyngiad yn nifer y diwrnodau cyn gorffen (felly mae llai o CH₄ yn cael ei allyrru yn ystod bywyd yr anifail)
- Gallai *gwelliant genetig* helpu i ostwng y diwrnodau cyn y lladd a gwella'r cyfraddau twf, gan achosi llai o allyriadau cysylltiedig yn ystod bywyd yr anifail. Gallai'r mesur hwn hefyd arwain at gynnydd mewn pwysau marw a gynhyrchir heb gynnydd mewn gofynion porthiant

- *Cynyddu'r canran magu lloi/wyn*, gan arwain at gynhyrchu mwy o kg fesul buwch/mamog, ac felly ostyngiad yn yr allyriadau sy'n gysylltiedig â'r fuwch/famog
- *Gostwng bwllch lloia* mewn systemau gwartheg sugno. Mae bwllch lloia estynedig yn golygu bod yn rhaid i anifeiliaid eraill ysgwyddo baich nwyon tŷ gwydr gwartheg llawndwf sy'n llai cynhyrchiol. O ystyried pwysau corff uchel gwartheg llawndwf, maen nhw'n gallu cyfrif am gyfran sylweddol o'r allyriadau sy'n gysylltiedig â defnydd porthiant ac eplesu enterig. Gallai cyfnod lloia hirach hefyd arwain at fwy o elfennau aneffeithlon ar gamau hwyrach y cynhyrchiad, fel problemau yn ymwneud â'r bwyd gorau i anifeiliaid ar wahanol gamau twf
- *Wyna fel wyn mamog* lle bo'n ymarferol a dichonol, yn ogystal â *gostwng oed yr heffer pan mae'n gyflo am y tro cyntaf*, gan arwain at fwy o allbwn (kg a gynhyrchir) yn iau (neu fel arall nid yw'n gynhyrchiol), gan felly ostwng y nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r oen/heffer ar y cyfnod hwn yn ei bywyd (ac felly, ar hyd ei hoes)
- *Gall gostwng y baich clefydau* (e.e., gostwng colledion drwy erthyly, cloffni, niwmonia) neu barasitau (e.e. llyngyr gastroberfeddol) gael effeithiau sylweddol iawn ar werth a pherfformiad da byw, a gostwng allyriadau nwyon tŷ gwydr fesul kg a gynhyrchir
- *Mae gwella'r ffordd y mae gwrtaith/slyri yn cael ei storio a'i ddefnyddio* (e.e., osgoi ei wasgaru yn ystod y gaeaf) yn gallu gostwng allyriadau a gostwng yr angen am wrtaith wedi'i brynu i mewn oherwydd gwneir gwell defnydd o'r maetholion o fewn y cynnyrch
- *Gwella rheolaeth y glaswelltir*, gan felly ostwng yr angen am borthiant wedi'i brynu i mewn a gwella cyfraddau twf
- *Mae defnyddio codlyisiau* (planhigion sy'n cynyddu nitrogen mewn priddoedd yn naturiol, fel meillion) yn gallu bod yn ffynhonnell werthfawr o borthiant cartref, ansawdd uchel, a gostwng yr angen am brynu gwrtaith i mewn
- Wrth ail-hadu, dangoswyd bod crynodiadau y *glaswelltydd gyda maint uchel o garbohydrad dŵr-hydawdd* (WSC) ("glaswelltydd siwgr uchel") yn gostwng allyriadau N₂O o systemau porfa drwy ostwng ysgarthiad nitrogen mewn anifeiliaid sy'n bwydo ar laswelltydd o'r fath o'i gymharu â glaswelltydd confensiynol
- Mae *cyflwyno cnydau fforio mewn cylchdro glaswellt neu gnwd â'r* yn gallu gostwng baich y plâu a'r chwyn, gan arbed defnyddio chwynladdwyr a phlaladdwyr a'u hallyriadau cysylltiedig (er y credid bod y defnydd o'r amaeth-gemegau hyn yn rhy isel i'w cynnwys yn yr archwiliad hwn).

Gwella atafaeliad

Mae atafaelu carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) yn darparu cyfle gwerthfawr i liniaru allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar y fferm. Rydym yn amcangyfrif bod atafaelu wedi lliniaru tua 19% o ôl troed cyfan eich fferm. Mae glaswelltir yn cyfrif am ganran sylweddol o'r atafaeliad ar eich fferm. Mae hynny i'w ddisgwyl, am fod cyfran fawr o'ch tir wedi ei reoli fel glaswelltir.

Rydym yn amcangyfrif atafaeliad eich pridd, ar sail y wyddoniaeth gyfredol. Mae llawer o drafodaeth am y posibilrwydd o liniaru allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n deillio o dda byw drwy atafaelu carbon mewn systemau glaswelltir sy'n dominyddu yng Nghymru. Fodd bynnag, mae'r cwestiwn a yw priddoedd amaethyddol yn suddfan garbon (yn atafaelu carbon) neu'n ffynhonnell (yn rhyddhau carbon) yn dibynnu ar nifer o newidynnau eang, yn cynnwys hinsawdd, y math o bridd, defnydd/rheolaeth y tir, argaeledd dŵr ac, yn fwyaf pwysig, gynnwys deunydd organig gwirioneddol y pridd (Freibauer et al., 2004). Mae'n anodd amcangyfrif atafaeliad yn gywir, heb samplu mewn caeau i fesur y newid gwirioneddol yng ngharbon y pridd. I ddechrau, mae newidiadau yng ngharbon y pridd yn tueddu i ddigwydd yn araf (dros lawer o flynyddoedd), felly mae'n heriol i ganfod beth yw'r cyfraddau atafaelu (ac i'r gwrthwyneb, mae cyfrifo allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â mewnbynnau fferm yn llawer haws o'i gymharu). Yn ail, mae carbon pridd (a'r potensial i atafaelu) yn ddibynnol iawn ar y math o bridd, ac mae'r potensial atafaelu mewn priddoedd mwynau ysgafnach yn llawer gwaith mwy nag ydyw mewn priddoedd organig cyfoethog, am fod cyfradd yr atafaelu'n arafu dros amser (Ostel et al., 2009). Mae natur heterogenaidd priddoedd yng Nghymru, gyda llawer o ffermydd sydd ag arwynebeddau amrywiol o fwy nag un math o bridd, o wahanol ddwyseddau swmp, yn ychwanegu at y cymhlethdod hwn. Yn drydydd, bydd rheolaeth y priddoedd hynny'n cael effaith nodedig ar gyfradd y carbon sy'n cael ei atafaelu neu ei golli, ac mewn rhai achosion – er ei fod yn llai felly mewn systemau porfa – gallai'r rheolaeth gael ei newid yn aml (gwahaniaethau mewn cylchoedd cnydau, mewnbynnau ac ati). Yn bedwerydd, hyd yn oed lle mae data pridd yn bodoli, mae amrywiaeth mewn protocolau samplu i fesur newidiadau mewn carbon pridd yn gallu cael effeithiau nodedig iawn ar y canlyniadau; er enghraifft, samplu ar wahanol ddyfnderoedd, ac oherwydd amrywiaeth priddoedd o fewn y caeau, ac ati (Dawson a Smith, 2007). Ar y cyd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod dibyniaeth uchel felly ar dybiaethau ac amcangyfrifon wrth ragweld y potensial atafaeliad mewn systemau glaswelltir. Mae heriau fel hyn yn esbonio, o leiaf yn rhannol, pam mae amcangyfrifon am werthoedd atafaelu priddoedd ar ffermydd yn amrywio'n amlwg rhwng gwahanol ddulliau asesu carbon (Taft et al., 2018), a dylent bob amser gael eu dehongli gyda gofal. Efallai fod y gallu i wneud adenillion sylweddol pellach mewn atafaelu'n gyfyngedig mewn priddoedd sydd o dan laswelltiroedd parhaol am fod llawer ohonynt yn debygol o fod mewn cyflwr o ecwilibriwm carbon (lle mae allyriadau ac atafaeliad yn gytbwys) (CIEL, 2020). Mae rhai pobl yn dadlau bod pori cylchdro'n gallu cynyddu carbon pridd; ond, ar hyn o bryd, does dim digon o wyddoniaeth gadarn i ganfod a yw hynny'n wir. Lle

defnyddir dull pori cylchdroadol, ni ystyriwyd hynny o fewn yr archwiliad hwn, oherwydd mae amcangyfrif cyfraddau atafaelu mewn priddoedd a reolir yn y ffordd yma yn anodd iawn heb samplu pridd manwl, fel y crybwyllwyd eisoes.

Bydd cyfradd a photensial atafaelu mewn coetiroedd a gwrychoedd yn amrywio gyda ffactorau fel rhywogaethau a blannwyd, hyd cylchdro coetir, amllder ffustio a gosod gwrychoedd, mathau o bridd a hinsawdd (Ostle et al., 2009). Ond, daeth astudiaeth ddiweddar i'r casgliad bod sectorau bîff ac oen Seland Newydd yn agos at gyflawni niwtraliaeth garbon oherwydd y gorchudd gweddol uchel o goetir ar ffermydd o'r fath (cymedr o 15%) sy'n cyfrif am atafaelu sylweddol i liniaru allyriadau (Bîff ac Oen Seland Newydd, 2020). Mae hyn yn pwysleisio'r rôl bwysig y gall coed ei chwarae mewn atafaelu carbon ar ffermydd. Rhaid annog mesurau sy'n diogelu, ac yn wir yn gwella carbon yn y pridd, ynghyd â chyfleoedd i wella'r coed a'r gwrychoedd sydd yno'n barod, ochr yn ochr â phlannu coed yn strategol ar ffermydd da byw Cymreig. Dyma rai mesurau posibl i wella lefelau atafaelu:

- Gallai *gadael i wrychoedd dyfu'n dalach ac yn ehangach* gynnig ffordd syml a chost-niwtral o gynyddu cyfraddau atafaelu ar ffermydd, yn ogystal â darparu gwell lloches i dda byw a bywyd gwyllt
- Gallai *sefydlu gwrychoedd a choed ychwanegol mewn lleoliadau addas*, e.e. ar hyd llinellau ffensys, ar dir nad yw'n gynhyrchiol, wneud cyfraniadau pwysig o ran gostwng ôl troed ffermydd cyfan unwaith mae'r coed yn cyrraedd y sefyllfa lle mae cyfraddau atafaelu'n uchel. Yn ogystal ag atafaelu carbon uwchlaw'r ddaear ac mewn pridd, gall plannu coed a gwrychoedd yn briodol wella effeithiolrwydd cynhyrchiad hefyd drwy ostwng colledion a cholli ynni drwy wella'r ddarpariaeth lloches
- Mae trin y tir cyn ail-hadu yn debygol o achosi colli carbon o briddoedd, oherwydd bydd rhywfaint o'r carbon yn cael ei golli wrth i facteria'r pridd ei resbiradu. O safbwynt carbon, mae'n well *gostwng amllder ail-hadu* (a dylai'r prif ffocws fod ar reoli lleiniau hyn yn dda fel eu bod yn parhau'n gynhyrchiol, ac yn gostwng yr angen i ail-hadu). Ond, mae cyfradd yr atafaelu'n debygol o gynyddu yn dilyn ail-hadu oherwydd cynnyrch uwch o lain newydd, gan adfer rhywfaint o'r carbon a gollwyd, nes bydd y pridd yn cyrraedd ecwilibriwm eto. Wrth ail-hadu, mae dulliau sy'n trin y tir gyn lleied â phosibl, fel drilio uniongyrchol neu greithio hadau yn well er mwyn gostwng colli carbon o'r pridd a'r risg o erydu'r pridd
- *Ymgorffori glastiroedd gyda rhywogaethau amrywiol* ar y fferm sydd fel arfer â strwythur twf sy'n ymwreiddio'n ddyfnach na glastiroedd rhygwellt yn unig. Mae rhywogaethau fel hyn sydd â gwreiddiau mor ddwfn yn gallu darparu 'atafaeliad dwfn' o garbon mewn priddoedd, o gymryd bod carbon y pridd wedi ei ganolbwyntio ym mharth gwreiddiau'r planhigyn (Thorup-Kristensen et al., 2020)

- *Yn gyffredinol mae gan borfeydd parhaol systemau gwreiddiau dyfnach na chnydau blynyddol wrth i'r rhywogaethau planhigion dyfu rhwydwaith gwreiddiau mwy dros amser, ac felly byddent yn cronni haenau dyfnach o atafaeliad carbon mewn priddoedd (Thorup-Kristensen et al., 2020)*
- *Gweithredu system bori gylchdroadol fanwl sy'n cael ei rheoli'n ofalus. O'i gymharu â systemau wedi eu stocio'n sefydlog, mae systemau cylchdroi'n caniatáu cyfnodau 'gorffwys' i laswellt adfer yn dilyn pori, sy'n gallu gwella cnydau glaswellt yn gyffredinol os bydd pori'n digwydd ar y cam tyfu glaswellt gorau (Dawson a Smith, 2007). Yn ei dro, dylai hyn hefyd gynyddu twf gwreiddiau ac felly'r mewnbynnau carbon i'r pridd. Ond, mae angen mawr am ymchwil pellach i ddilysu hyn, oherwydd nid yw'r dystiolaeth wyddonol yn bodoli ar hyn o bryd. Mae'n bwysig hefyd i nodi hyn: os nad yw amodau'r tir yn addas, gall pori cylchdroadol arwain at gywasgu'r pridd a dŵr ffo, a fyddai yn y pen draw yn effeithio'n negyddol ar lefelau atafaelu'r pridd. Ymhellach, lle mae systemau fel hyn yn arwain at gynydd yn niferoedd y da byw, mae angen ystyried sut y gallai'r lefelau uwch o allyriadau CH₄ or-bwyso unrhyw effeithiau cadarnhaol sy'n gysylltiedig â chynnydd mewn storio carbon yn y pridd. Er y gallai hyn ostwng dwysedd allyriadau eu cynhyrchion, mae'n amlwg yn cael effaith i'r gwrthwyneb yn nhermau allyriadau fferm gyfan, ac ni fyddai hyn yn helpu amaethyddiaeth Cymru i gyrraedd ei uchelgais o allyriadau sero net.*

Casgliadau ac argymhellion

Mae amcangyfrif yr allyriadau net sy'n gysylltiedig â chynhyrchu cig oen a biff ar ffermydd Cymru drwy fesur ôl troed carbon yn ymarfer gwerthfawr i helpu ffermwyr i ystyried sut mae eu rheolaeth yn effeithio ar gydbwysedd carbon eu fferm. Yn ogystal â gostwng costau cynhyrchiad, efallai y bydd ffermwyr sy'n gallu dangos eu cymwysterau amgylcheddol mewn sefyllfa well i farchnata eu cynnyrch yn fwy cadarnhaol i brynwyr yn y dyfodol. Dylid nodi hefyd y gallai cynlluniau ariannu preifat a chyhoeddus yn y dyfodol wobrwyo arferion da. Ni chafwyd erioed fwy o angen i wella ein dealltwriaeth o'r ffordd y gall allyriadau nwyon tŷ gwydr ffermydd gael eu gostwng a/neu eu lliniaru drwy atafaelu.

Mae canlyniadau eich archwiliad carbon a gyflwynir yma'n amcangyfrif wedi ei seilio ar y data a roesoch. I ailadrodd, mae canfyddiadau'r archwiliad hon wedi eu mynegi fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (kg CO₂e/kg o oen neu biff mewn pwysau marw) ac nid dyma allyriadau cyfan y fferm. Canlyniad eich menter cig oen oedd allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) o 20.0 kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw. O ran eich menter llaeth, yr allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) oedd 21.2 kg CO₂e/kg o biff mewn pwysau marw.

Mae gan amaethyddiaeth Cymru uchelgais i fod yn sero net o ran allyriadau nwyon tŷ gwydr, gan olygu ei bod yn atafaelu o leiaf cymaint o garbon ag y mae'n ei allyrru. Roedd yr allyriadau net (kg CO₂e yr allyriadau heb yr atafaelu) yn gadarnhaol ar bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth, h.y. nid oedd unrhyw fferm wedi atafaelu mwy o garbon na'r nwyon tŷ gwydr yr oedd eu gweithrediadau yn eu hallyrru. Er bod rhai eithriadau, doedd atafaelu yn gyffredinol ddim ond yn gwneud gwahaniaeth cymedrol ar y cyfan i'r allyriadau net, gan liniaru maint sy'n gyfartal â 30% o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar draws yr holl systemau cynhyrchu. Er bod ein maint sampl yn fach yn yr astudiaeth hon, mae'r canlyniadau hyn yn dangos bod gan ffermydd Cymru her sylweddol felly i gyflawni'r uchelgais sero net. Mae'n bosib i bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth hon weithredu mesurau i ostwng ôl troed carbon eu cynnyrch. **I gyflawni hyn, bydd angen i ffermydd i) ostwng allyriadau, a hefyd ii) wella atafaeliad.**

O ran mesurau effeithiolrwydd, bydd buches neu braidd sy'n cael eu rheoli'n dda yn sicrhau'r cyfraddau twf da byw gorau, gan ostwng eu dyddiau ar y fferm a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr cysylltiedig. Mae hyn hefyd yn gofyn llai o fewnbynau fel porthiant, ac yn gostwng marwolaethau. Mae cyfraddau twf da byw yn ddibynnol ar lawer o gynhyrchion – teilyngdod genetig yr anifeiliaid, eu deiet, iechyd yr anifail a dylanwad newidynnau fel y tywydd, a llawer iawn mwy. Byddai strategaethau sy'n sicrhau'r gorau o'r rhain yn gwneud synnwyr economaidd ac amgylcheddol i ffermydd Cymru.

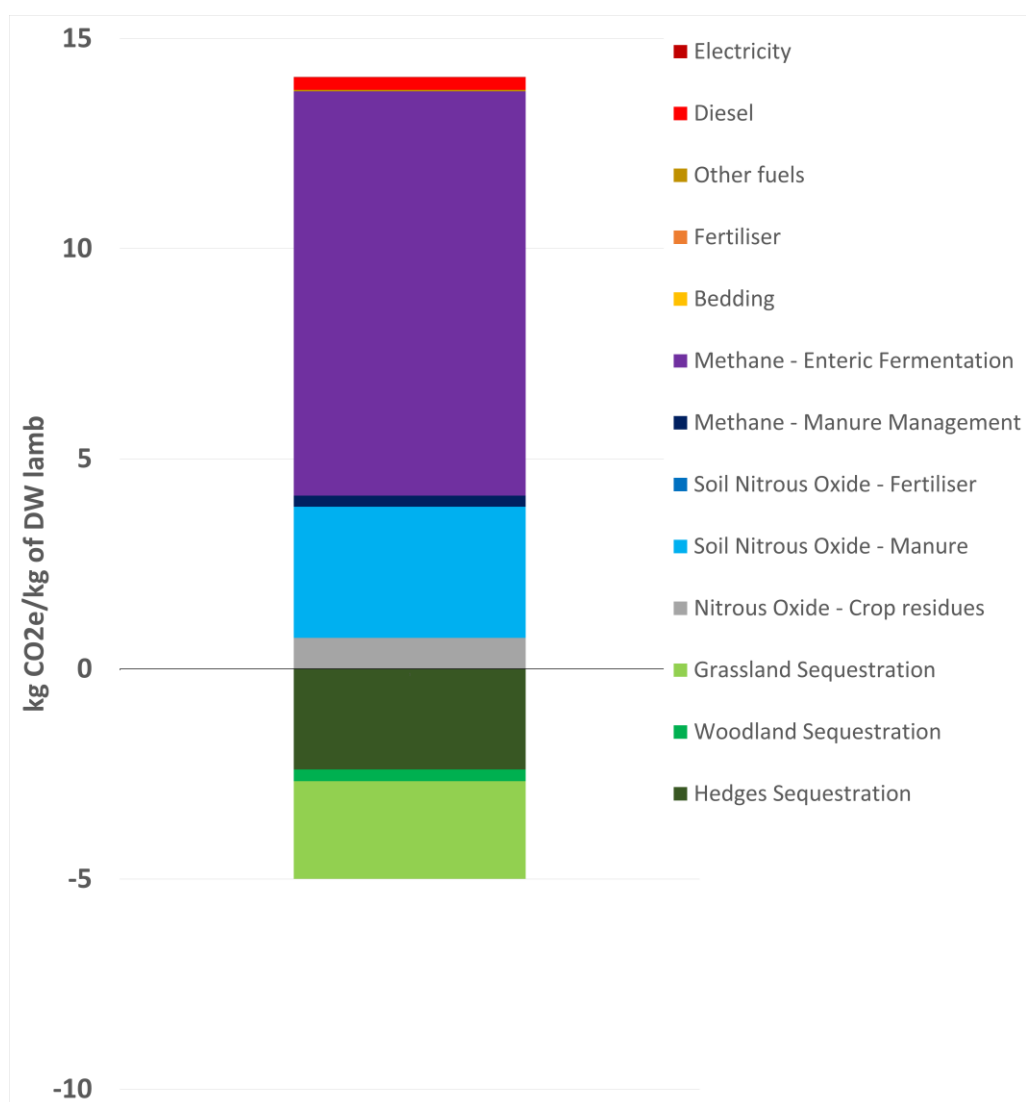
O ran y lefelau atafaelu, rhaid annog cynnydd strategol yn y gorchudd coetiroedd ar ffermydd Cymru oherwydd gall gynnig nifer o fanteision amgylcheddol uwchlaw atafaelu carbon, ac mewn llawer o achosion, fuddion i hyfywedd economaidd busnesau fferm, yn enwedig lle gall ffermwyr fanteisio ar gynlluniau i dalu costau sefydlu a/neu reoli. Yn y pendraw, mae'n debyg y bydd coed yn chwarae rhan bwysig o ran helpu'r sector da byw yng Nghymru i symud tuag at allyriadau nwyon tŷ gwydr sero net. Dylid gweithredu mesurau sy'n cadw carbon yn y pridd, a byddai ymchwil pellach i brofi sut i wella atafaeliad mewn priddoedd o dan systemau glaswelltir yn fanteisiol iawn. Fodd bynnag, mae hefyd yn bwysig cofio na ddylai atafaelu gwell gymryd lle gostyngiad cyffredinol yn yr allyriadau, a hynny ddylai fod yn brif nod wrth weithio i sicrhau sector da byw sero net yng Nghymru.

Fferm 6

Eich ôl troed carbon o ran ŵyn

Yn Ffigur 1, rydym yn cyflwyno'r allbwn CO₂e cyfan fesul kg o gynnyrch oer ar eich fferm am flwyddyn. Cyflwynir manylion atafaeliad carbon y fferm hefyd. Roedd eich allyriadau nwyon tŷ gwydr cyfan yn

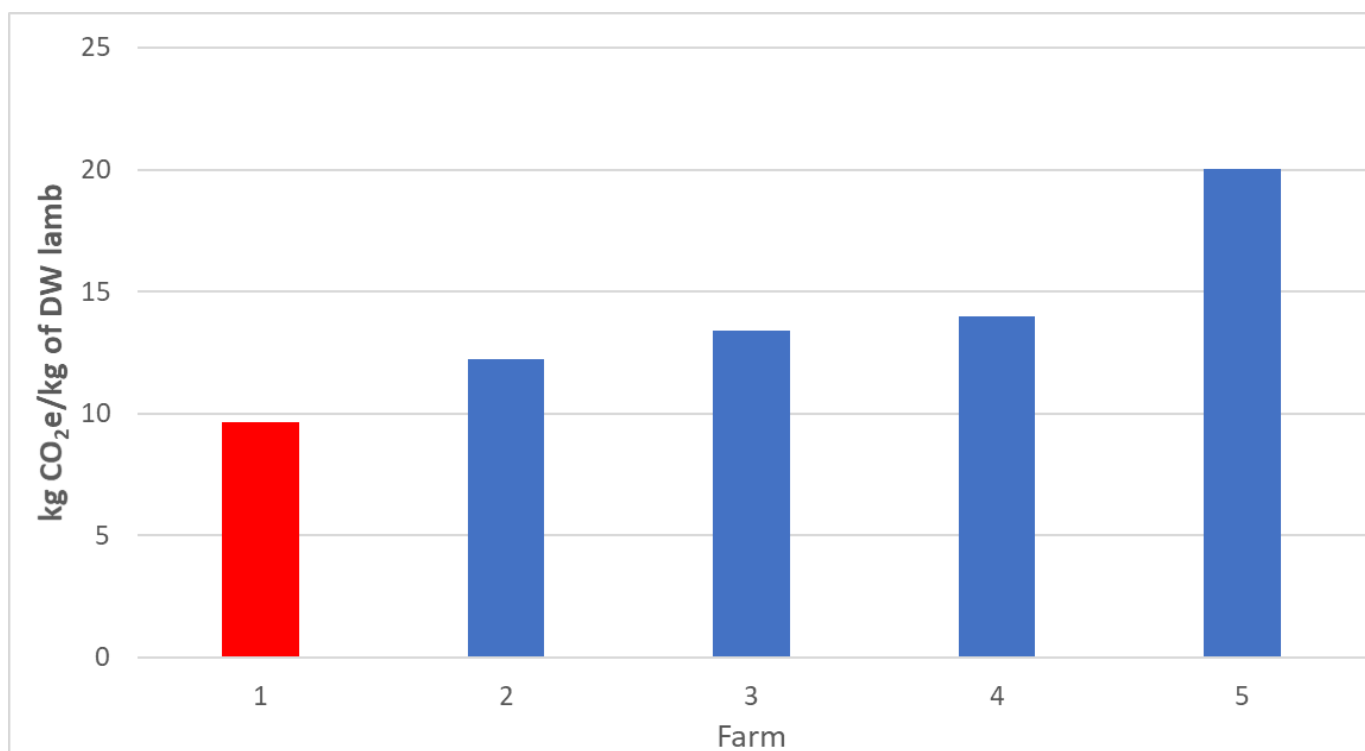
gyfartal â 14.7 kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw (h.y., ar gyfer pob kg o oen mewn pwysau marw a gynhyrchwyd gennych, rhoddodd hyn allyriadau o 14.7 kg o CO₂e). Roedd hyn yn is na'r cyfartaledd, sef 19.4 kg CO₂e/kg o oen pwysau marw ar gyfer ffermydd defaid yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau atafaelu'n 5.0 kg CO₂e/kg o oen pwysau marw (lle'r oedd y cyfartaledd yn 5.5 kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw).



Ffigur 1: Eich ôl troed carbon oen gyda gwerthoedd cadarnhaol, yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o oen pwysau marw a gwerthoedd negyddol yn dangos atafaeliad/kg o oen pwysau marw ar y fferm.

Canlyniad yr allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchwyd ar gyfer eich ôl troed oen a'r atafaeliad oedd yn digwydd ar y fferm **oedd allyriadau net (allyriadau kg CO₂e heb yr atafaeliad) o 9.7 kg CO₂e/kg o**

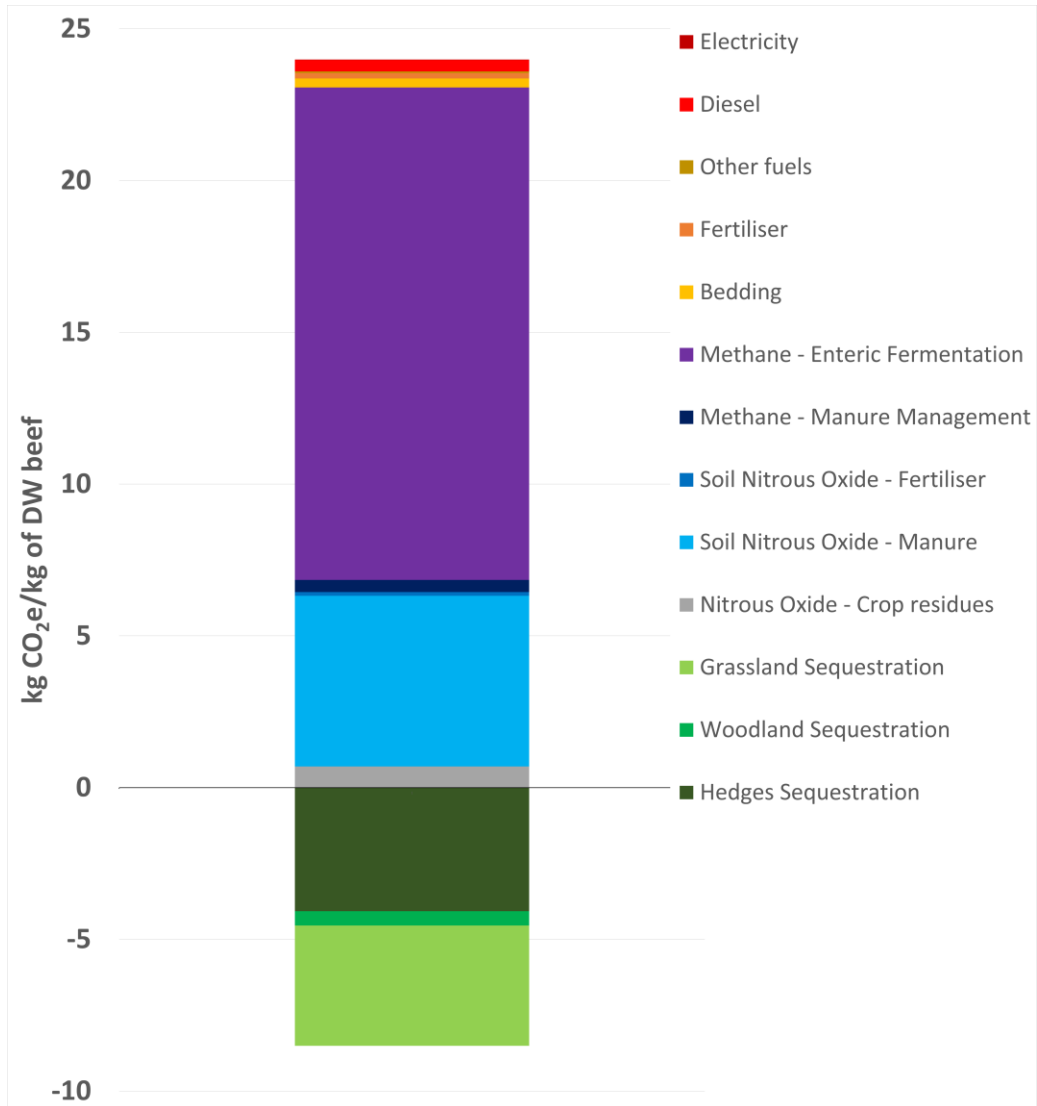
oen mewn pwysau marw. Mae hyn wedi ei ddangos gyda'r bar coch yn Ffigur 2 ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer y ffermydd i gyd.



Ffigur 2: Allyriadau net oen ar y pum fferm ddefaid mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm chi wedi ei dangos mewn coch.

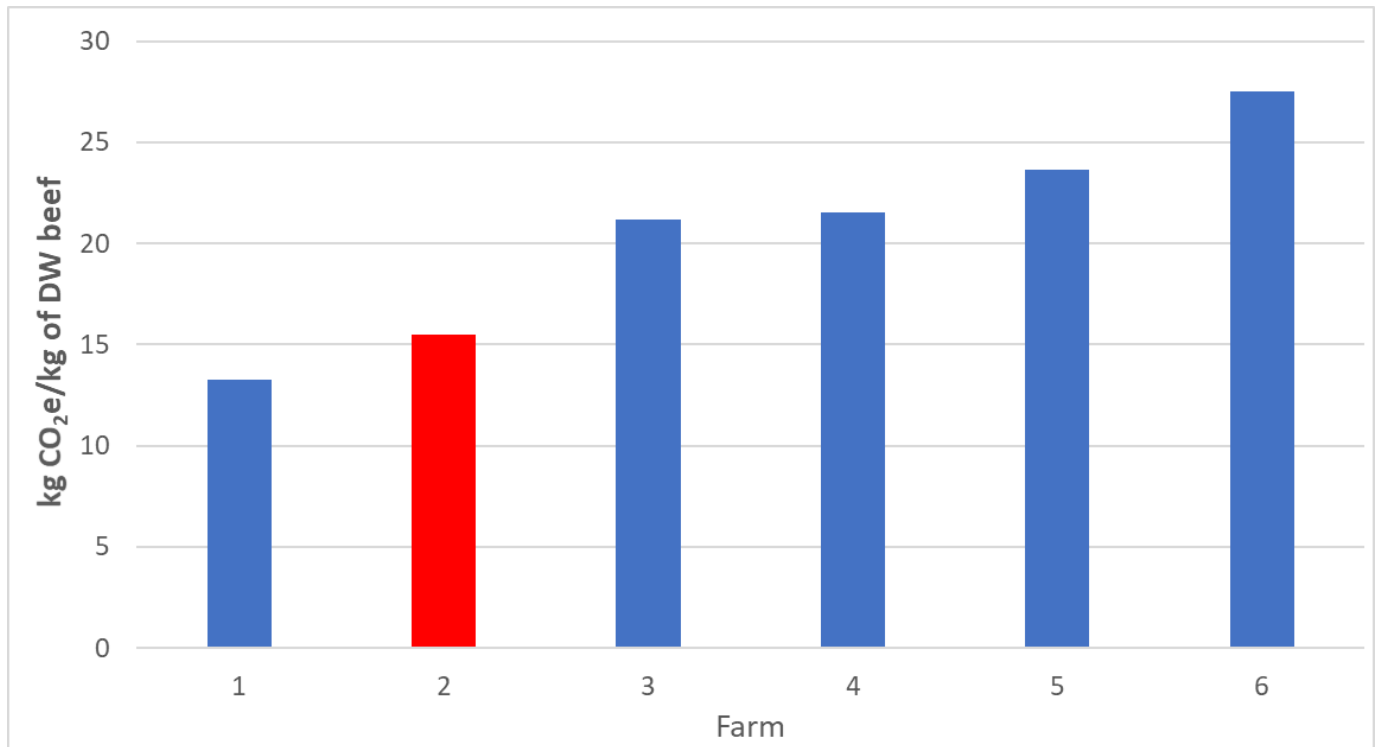
Eich ôl troed carbon bîff

Yn Ffigur 3, rydym yn cyflwyno'r allbwn CO₂e cyfan fesul kg o gynnyrch bîff ar eich fferm am flwyddyn. Mae manylion atafaeliad carbon y fferm wedi eu cyflwyno hefyd. Roedd eich allyriadau nwyon tŷ gwydr cyfan yn gyfartal â 24.0 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw, ac yn is na'r cyfartaledd o 28.4 kg CO₂e/kg o bîff pwysau marw ar gyfer ffermydd bîff yn y prosiect hwn. Roedd eich lefelau atafaelu'n uwch na'r cyfartaledd ar gyfer y ffermydd i gyd, sef 8.5 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw (lle'r oedd y cyfartaledd yn 8.0 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw).



Ffigur 3: Eich ôl troed carbon bïff gyda gwerthoedd positif yn dangos allyriadau mewn kg CO₂e/kg o oen mewn pwysau marw a gwerthoedd negyddol yn dangos atafaeliad fferm/kg o bïff pwysau marw.

O ran eich menter bïff, **yr allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) oedd 15.5 kg CO₂e/kg o bïff pwysau marw.** Mae hyn wedi'i ddangos gyda'r bar coch yn Ffigur 4, ynghyd â'r gwerthoedd ar gyfer y ffermydd i gyd



Ffigur 4: Allyriadau net bïff mewn kg CO₂e/ kg o bïff pwysau marw o'r chwe fferm bïff mewn trefn gronolegol o'r lleiaf i'r mwyaf. Mae eich fferm chi wedi'i hamlygu mewn coch

Gostwng ôl troed carbon eich cynnyrch

Gwella effeithiolrwydd

Gallai mesurau sydd wedi eu bwriadu i ostwng ôl-troed carbon eich cynnyrch hefyd arwain at welliant ym mherfformiad y da byw ac, o bosib, at gynnydd ym mhroffidoldeb y fferm. Gallai rhai o'r mesurau fod yn benodol i'r fferm, ac efallai na fyddent mor effeithiol neu berthnasol i'ch fferm chi ag ydynt i ffermydd eraill. Un esiampl o hyn o bosib fyddai'r gost, yr ymdrech a'r diffyg ymarferoldeb sy'n gysylltiedig â thrin ac ail-hadu porfeydd ar fryniau yn hytrach nag ar dir isel, lle gallai'r costau economaidd ac amgylcheddol fod yn uwch na'r adenillion posibl. Am y rheswm hwn, dylid rhoi blaenoriaeth i'r mesurau hynny a ystyrir yn effeithiol ac yn ymarferol i'ch fferm. Dyma fesurau posib i wella effeithiolrwydd:

- Mae un o'r strategaethau mwyaf effeithiol yn ymwneud ag *optimeiddio diet anifeiliaid*, sydd â'r potensial i ostwng gofynion dwysfwydydd, gostwng costau porthiant, a chynyddu cyfraddau twf, gan olygu bod gostyngiad yn nifer y diwrnodau cyn gorffen (felly mae llai o CH₄ yn cael ei allyrru yn ystod bywyd yr anifail)
- Gallai *gwelliant genetig* helpu i ostwng y diwrnodau cyn y lladd a gwella'r cyfraddau twf, gan achosi llai o allyriadau cysylltiedig yn ystod bywyd yr anifail. Gallai'r mesur hwn hefyd arwain

at gynnydd mewn pwysau marw neu laeth a gynhyrchir heb gynnydd mewn gofynion porthiant

- *Cynyddu'r canran magu lloj/wyn*, gan arwain at gynhyrchu mwy o kg fesul buwch/mamog, ac felly ostyngiad yn yr allyriadau sy'n gysylltiedig â'r fuwch/famog
- *Gostwng bwlch lloia gwartheg* mewn systemau gwartheg sugno. Mae bwlch lloia estynedig yn golygu bod yn rhaid i anifeiliaid eraill ysgwyddo baich nwyon tŷ gwydr gwartheg llawndwf sy'n llai cynhyrchiol. O ystyried pwysau corff uchel gwartheg llawndwf, maen nhw'n gallu cyfrif am gyfran sylweddol o'r allyriadau sy'n gysylltiedig â defnydd porthiant ac eplesu enterig. Gallai cyfnod lloia hirach hefyd arwain at fwy o elfennau aneffeithlon ar gamau hwyrach y cynhyrchiad, fel problemau yn ymwneud â'r bwyd gorau i anifeiliaid ar wahanol gamau twf
- *Wyna fel wyn mamog* lle bo'n ymarferol a dichonol, yn ogystal â *gostwng oed yr heffer pan mae'n gyflo am y tro cyntaf*, gan arwain at fwy o allbwn (kg a gynhyrchir) yn iau (neu fel arall nid yw'n gynhyrchiol), gan felly ostwng y nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â'r oen famog/heffer ar y cyfnod hwn yn ei bywyd (ac felly, ar hyd ei hoes)
- *Gall gostwng y baich clefydau* (e.e., gostwng colledion drwy erthyly, cloffni, niwmonia) neu barasitau (e.e. llyngyr gastroberfeddol) gael effeithiau sylweddol iawn ar werth a pherfformiad da byw, a gostwng allyriadau nwyon tŷ gwydr fesul kg a gynhyrchir
- *Mae gwella'r ffordd y mae gwrtaitth/slyri yn cael ei storio a'i ddefnyddio* (e.e., osgoi ei wasgaru yn ystod y gaeaf) yn gallu gostwng allyriadau a gostwng yr angen am wrtaith wedi'i brynu i mewn oherwydd gwneir gwell defnydd o'r maetholion o fewn y cynnyrch
- *Gwella rheolaeth y glaswelltir*, gan felly ostwng yr angen am borthiant wedi'i brynu i mewn a gwella cyfraddau twf
- *Mae defnyddio codlysiâu* (planhigion sy'n cynyddu nitrogen mewn priddoedd yn naturiol, fel meillion) yn gallu bod yn ffynhonnell werthfawr o borthiant cartref, ansawdd uchel, a gostwng yr angen am brynu gwrtaitth i mewn
- Wrth ail-hadu, dangoswyd bod crynodiadau y *glaswelltydd gyda maint uchel o garbohydrad dŵr-hydawdd* (WSC) ("glaswelltydd siwgr uchel") yn gostwng allyriadau N₂O o systemau porfa drwy ostwng ysgarthiad nitrogen mewn anifeiliaid sy'n bwydo ar laswelltydd o'r fath o'i gymharu â glaswelltydd confensiynol
- Mae *cyflwyno cnydau fforio mewn cylchdro glaswellt neu gnwd â'r* yn gallu gostwng baich y plâu a'r chwyn, gan arbed defnyddio chwynladdwyr a phlaladdwyr a'u hallyriadau cysylltiedig (er y credid bod y defnydd o'r amaeth-gemegion hyn yn rhy isel i'w cynnwys yn yr archwiliad hwn).

Gwella atafaeliad

Mae atafaelu carbon mewn priddoedd a llystyfiant (coed a gwrychoedd) yn darparu cyfle gwerthfawr i liniaru allyriadau nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir ar y fferm. Rydym yn amcangyfrif bod atafaelu wedi lliniaru tua 35% o ôl troed cyfan eich fferm. Mae glaswelltir yn cyfrif am ganran sylweddol o'r atafaeliad ar eich fferm. Mae hynny i'w ddisgwyl, am fod cyfran fawr o'ch tir wedi ei reoli fel glaswelltir.

Rydym yn amcangyfrif atafaeliad eich pridd, ar sail y wyddoniaeth gyfredol. Mae llawer o drafodaeth am y posibilrwydd o liniaru allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n deillio o dda byw drwy atafaelu carbon mewn systemau glaswelltir sy'n dominyddu yng Nghymru. Fodd bynnag, mae'r cwestiwn a yw priddoedd amaethyddol yn suddfan garbon (yn atafaelu carbon) neu'n ffynhonnell (yn rhyddhau carbon) yn dibynnu ar nifer o newidynnau eang, yn cynnwys hinsawdd, y math o bridd, defnydd/rheolaeth y tir, argaeledd dŵr ac, yn fwyaf pwysig, gynnwys deunydd organig gwirioneddol y pridd (Freibauer et al., 2004). Mae'n anodd amcangyfrif atafaeliad yn gywir, heb samplu mewn caeau i fesur y newid gwirioneddol yng ngharbon y pridd. I ddechrau, mae newidiadau yng ngharbon y pridd yn tueddu i ddigwydd yn araf (dros lawer o flynyddoedd), felly mae'n heriol i ganfod beth yw'r cyfraddau atafaelu (ac i'r gwrthwyneb, mae cyfrifo allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â mewnbynnau fferm yn llawer haws o'i gymharu). Yn ail, mae carbon pridd (a'r potensial i atafaelu) yn ddibynnol iawn ar y math o bridd, ac mae'r potensial atafaelu mewn priddoedd mwynau ysgafnach yn llawer gwaith mwy nag ydyw mewn priddoedd organig cyfoethog, am fod cyfradd yr atafaelu'n arafu dros amser (Ostel et al., 2009). Mae natur heterogenaidd priddoedd yng Nghymru, gyda llawer o ffermydd sydd ag arwynebeddau amrywiol o fwy nag un math o bridd, o wahanol ddwyseddau swmp, yn ychwanegu at y cymhlethdod hwn. Yn drydydd, bydd rheolaeth y priddoedd hynny'n cael effaith nodedig ar gyfradd y carbon sy'n cael ei atafaelu neu ei golli, ac mewn rhai achosion – er ei fod yn llai felly mewn systemau porfa – gallai'r rheolaeth gael ei newid yn aml (gwahaniaethau mewn cylchoedd cnydau, mewnbynnau ac ati). Yn bedwerydd, hyd yn oed lle mae data pridd yn bodoli, mae amrywiaeth mewn protocolau samplu i fesur newidiadau mewn carbon pridd yn gallu cael effeithiau nodedig iawn ar y canlyniadau; er enghraifft, samplu ar wahanol ddyfnderoedd, ac oherwydd amrywiaeth priddoedd o fewn y caeau, ac ati (Dawson a Smith, 2007). Ar y cyd, mae'r ffactorau hyn yn golygu bod dibyniaeth uchel felly ar dybiaethau ac amcangyfrifon wrth ragweld y potensial atafaeliad mewn systemau glaswelltir. Mae heriau fel hyn yn esbonio, o leiaf yn rhannol, pam mae amcangyfrifon am werthoedd atafaelu priddoedd ar ffermydd yn amrywio'n amlwg rhwng gwahanol ddulliau asesu carbon (Taft et al., 2018), a dylent bob amser gael eu dehongli gyda gofal. Efallai fod y gallu i wneud adenillion sylweddol pellach mewn atafaelu'n gyfyngedig mewn priddoedd sydd o dan laswelltiroedd parhaol am fod llawer ohonynt yn debygol o fod mewn cyflwr o ecwilibriwm carbon (lle mae allyriadau ac atafaeliad yn gytbwys) (CIEL, 2020). Mae rhai pobl yn dadlau bod pori cylchdro'n gallu cynyddu carbon pridd; ond, ar hyn o bryd, does dim digon o wyddoniaeth gadarn i ganfod a yw hynny'n wir. Lle

defnyddir dull pori cylchdroadol, ni ystyriwyd hynny o fewn yr archwiliad hwn, oherwydd mae amcangyfrif cyfraddau atafaelu mewn priddoedd a reolir yn y ffordd yma yn anodd iawn heb samplu pridd manwl, fel y crybwyllwyd eisoes.

Bydd cyfradd a photensial atafaelu mewn coetiroedd a gwrychoedd yn amrywio gyda ffactorau fel rhywogaethau a blannwyd, hyd cylchdro coetir, amllder ffustio a gosod gwrychoedd, mathau o bridd a hinsawdd (Ostle et al., 2009). Ond, daeth astudiaeth ddiweddar i'r casgliad bod sectorau bîff ac oen Seland Newydd yn agos at gyflawni niwtraliaeth garbon oherwydd y gorchudd gweddol uchel o goetir ar ffermydd o'r fath (cymedr o 15%) sy'n cyfrif am atafaelu sylweddol i liniaru allyriadau (Bîff ac Oen Seland Newydd, 2020). Mae hyn yn pwysleisio'r rôl bwysig y gall coed ei chwarae mewn atafaelu carbon ar ffermydd. Rhaid annog mesurau sy'n diogelu, ac yn wir yn gwella carbon yn y pridd, ynghyd â chyfleoedd i wella'r coed a'r gwrychoedd sydd yno'n barod, ochr yn ochr â phlannu coed yn strategol ar ffermydd da byw Cymreig. Dyma rai mesurau posibl i wella lefelau atafaelu:

- Gallai *gadael i wrychoedd dyfu'n dalach ac yn ehangach* gynnig ffordd syml a chost-niwtral o gynyddu cyfraddau atafaelu ar ffermydd, yn ogystal â darparu gwell lloches i dda byw a bywyd gwyllt
- Gallai *sefydlu gwrychoedd a choed ychwanegol mewn lleoliadau addas*, e.e. ar hyd llinellau ffensys, ar dir nad yw'n gynhyrchiol, wneud cyfraniadau pwysig o ran gostwng ôl troed ffermydd cyfan unwaith mae'r coed yn cyrraedd y sefyllfa lle mae cyfraddau atafaelu'n uchel. Yn ogystal ag atafaelu carbon uwchlaw'r ddaear ac mewn pridd, gall plannu coed a gwrychoedd yn briodol wella effeithiolrwydd cynhyrchiad hefyd drwy ostwng colledion a cholli ynni drwy wella'r ddarpariaeth lloches
- Mae trin y tir cyn ail-hadu yn debygol o achosi colli carbon o briddoedd, oherwydd bydd rhywfaint o'r carbon yn cael ei golli wrth i facteria'r pridd ei resbiradu. O safbwynt carbon, mae'n well *gostwng amllder ail-hadu* (a dylai'r prif ffocws fod ar reoli lleiniau hyn yn dda fel eu bod yn parhau'n gynhyrchiol, ac yn gostwng yr angen i ail-hadu). Ond, mae cyfradd yr atafaelu'n debygol o gynyddu yn dilyn ail-hadu oherwydd cynnyrch uwch o lain newydd, gan adfer rhywfaint o'r carbon a gollwyd, nes bydd y pridd yn cyrraedd ecwilibriwm eto. Wrth ail-hadu, mae dulliau sy'n trin y tir gyn lleied â phosibl, fel drilio uniongyrchol neu greithio hadau yn well er mwyn gostwng colli carbon o'r pridd a'r risg o erydu'r pridd
- *Ymgorffori glastiroedd gyda rhywogaethau amrywiol* ar y fferm sydd fel arfer â strwythur twf sy'n ymwreiddio'n ddyfnach na glastiroedd rhygwellt yn unig. Mae rhywogaethau fel hyn sydd â gwreiddiau mor ddwfn yn gallu darparu 'atafaeliad dwfn' o garbon mewn priddoedd, o gymryd bod carbon y pridd wedi ei ganolbwyntio ym mharth gwreiddiau'r planhigyn (Thorup-Kristensen et al., 2020)

- *Yn gyffredinol mae gan borfeydd parhaol systemau gwreiddiau dyfnach na chnydau blynyddol wrth i'r rhywogaethau planhigion dyfu rhwydwaith gwreiddiau mwy dros amser, ac felly byddent yn cronni haenau dyfnach o atafaeliad carbon mewn priddoedd (Thorup-Kristensen et al., 2020)*
- *Gweithredu system bori gylchdroadol fanwl sy'n cael ei rheoli'n ofalus. O'u cymharu â systemau wedi eu stocio'n sefydlog, mae systemau cylchdroi'n caniatáu cyfnodau 'gorffwys' i laswellt adfer yn dilyn pori, sy'n gallu gwella cnydau glaswellt yn gyffredinol os bydd pori'n digwydd ar y cam tyfu glaswellt gorau (Dawson a Smith, 2007). Yn ei dro, dylai hyn hefyd gynyddu twf gwreiddiau ac felly'r mewnbynnau carbon i'r pridd. Ond, mae angen mawr am ymchwil pellach i ddilysu hyn, oherwydd nid yw'r dystiolaeth wyddonol yn bodoli ar hyn o bryd. Mae'n bwysig hefyd i nodi hyn: os nad yw amodau'r tir yn addas, gall pori cylchdroadol arwain at gywasgu'r pridd a dŵr ffo, a fyddai yn y pen draw yn effeithio'n negyddol ar lefelau atafaelu'r pridd. Ymhellach, lle mae systemau fel hyn yn arwain at gynydd yn niferoedd y da byw, mae angen ystyried sut y gallai'r lefelau uwch o allyriadau CH₄ or-bwysu unrhyw effeithiau cadarnhaol sy'n gysylltiedig â chynnydd mewn storio carbon yn y pridd. Er y gallai hyn ostwng dwysedd allyriadau eu cynhyrchion, mae'n amlwg yn cael effaith i'r gwrthwyneb yn nhermau allyriadau fferm gyfan, ac ni fyddai hyn yn helpu amaethyddiaeth Cymru i gyrraedd ei uchelgais o allyriadau sero net.*

Casgliadau ac argymhellion

Mae amcangyfrif yr allyriadau net sy'n gysylltiedig â chynhyrchu cig oen a bîff ar ffermydd Cymru drwy fesur ôl troed carbon yn ymarfer gwerthfawr i helpu ffermwyr i ystyried sut mae eu rheolaeth yn effeithio ar gydbwysedd carbon eu fferm. Yn ogystal â gostwng costau cynhyrchiad, efallai y bydd ffermwyr sy'n gallu dangos eu cymwysterau amgylcheddol mewn sefyllfa well i farchnata eu cynnyrch yn fwy cadarnhaol i brynwyr yn y dyfodol. Dylid nodi hefyd y gallai cynlluniau ariannu preifat a chyhoeddus yn y dyfodol wobrwyo arferion da. Ni chafwyd erioed fwy o angen i wella ein dealltwriaeth o'r ffordd y gall allyriadau nwyon tŷ gwydr ffermydd gael eu gostwng a/neu eu lliniaru drwy atafaelu.

Mae canlyniadau eich archwiliad carbon a gyflwynir yma'n amcangyfrif wedi ei seilio ar y data a roesoch. I ailadrodd, mae canfyddiadau'r archwiliad hon wedi eu mynegi fel allyriad nwyon tŷ gwydr fesul uned o gynnyrch pwysau marw (kg CO₂e/kg o oen neu bîff mewn pwysau marw) ac nid dyma allyriadau cyfan y fferm. Canlyniad eich menter wŷn oedd allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) o 9.7 kg CO₂e/kg o wŷn mewn pwysau marw. Yn nhermau eich menter bîff, yr allyriadau net (kg CO₂e o allyriadau heb yr atafaeliad) oedd 15.5 kg CO₂e/kg o bîff mewn pwysau marw.

Mae gan amaethyddiaeth Cymru uchelgais i fod yn sero net o ran allyriadau nwyon tŷ gwydr, gan olygu ei bod yn atafaelu o leiaf cymaint o garbon ag y mae'n ei allyrru. Roedd yr allyriadau net (kg CO₂e yr allyriadau heb yr atafaelu) yn gadarnhaol ar bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth, h.y. nid oedd unrhyw fferm wedi atafaelu mwy o garbon na'r nwyon tŷ gwydr yr oedd eu gweithrediadau yn eu hallyrru. Er bod rhai eithriadau, doedd atafaelu yn gyffredinol ddim ond yn gwneud gwahaniaeth cymedrol ar y cyfan i'r allyriadau net, gan liniaru maint sy'n gyfartal â 30% o allyriadau nwyon tŷ gwydr ar draws yr holl systemau cynhyrchu. Er bod ein maint sampl yn fach yn yr astudiaeth hon, mae'r canlyniadau hyn yn dangos bod gan ffermydd Cymru her sylweddol felly i gyflawni'r uchelgais sero net. Mae'n bosib i bob fferm a gymerodd ran yn yr astudiaeth hon weithredu mesurau i ostwng ôl troed carbon eu cynnyrch. **I gyflawni hyn, bydd angen i ffermydd i) ostwng allyriadau, a hefyd ii) wella atafaeliad.**

O ran mesurau effeithiolrwydd, bydd buches neu braidd sy'n cael eu rheoli'n dda yn sicrhau'r cyfraddau twf da byw gorau, gan ostwng eu dyddiau ar y fferm a'r allyriadau nwyon tŷ gwydr cysylltiedig. Mae hyn hefyd yn gofyn llai o fewnbynau fel porthiant, ac yn gostwng marwolaethau. Mae cyfraddau twf da byw yn ddibynnol ar lawer o gynhyrchion – teilyngdod genetig yr anifeiliaid, eu deiet, iechyd yr anifail a dylanwad newidynnau fel y tywydd, a llawer iawn mwy. Byddai strategaethau sy'n sicrhau'r gorau o'r rhain yn gwneud synnwyr economaidd ac amgylcheddol i ffermydd Cymru.

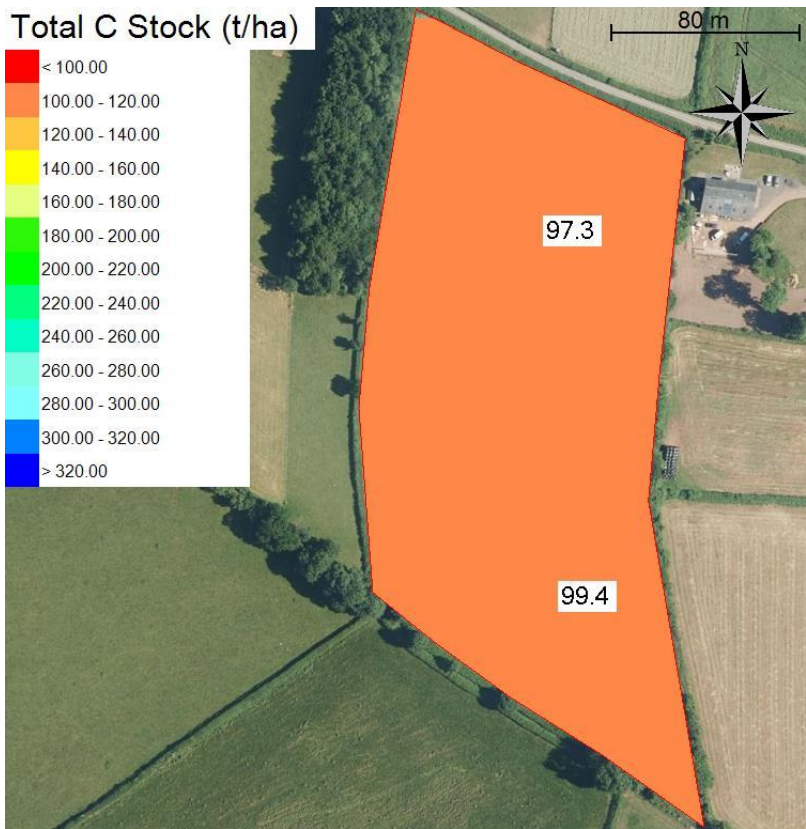
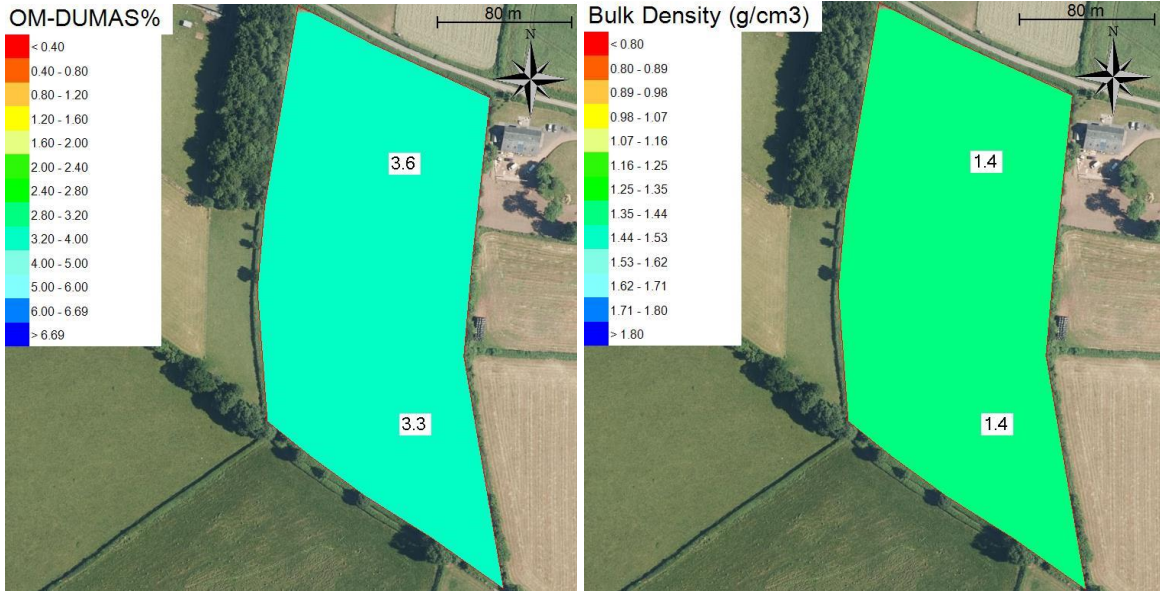
O ran y lefelau atafaelu, rhaid annog cynnydd strategol yn y gorchudd coetiroedd ar ffermydd Cymru oherwydd gall gynnig nifer o fanteision amgylcheddol uwchlaw atafaelu carbon, ac mewn llawer o achosion, fuddion i hyfywedd economaidd busnesau fferm, yn enwedig lle gall ffermwyr fanteisio ar gynlluniau i dalu costau sefydlu a/neu reoli. Yn y pendraw, mae'n debyg y bydd coed yn chwarae rhan bwysig o ran helpu'r sector da byw yng Nghymru i symud tuag at allyriadau nwyon tŷ gwydr sero net. Dylid gweithredu mesurau sy'n cadw carbon yn y pridd, a byddai ymchwil pellach i brofi sut i wella atafaeliad mewn priddoedd o dan systemau glaswelltir yn fanteisiol iawn. Fodd bynnag, mae hefyd yn bwysig cofio na ddylai atafaelu gwell gymryd lle gostyngiad cyffredinol yn yr allyriadau, a hynny ddylai fod yn brif nod wrth weithio i sicrhau sector da byw sero net yng Nghymru.

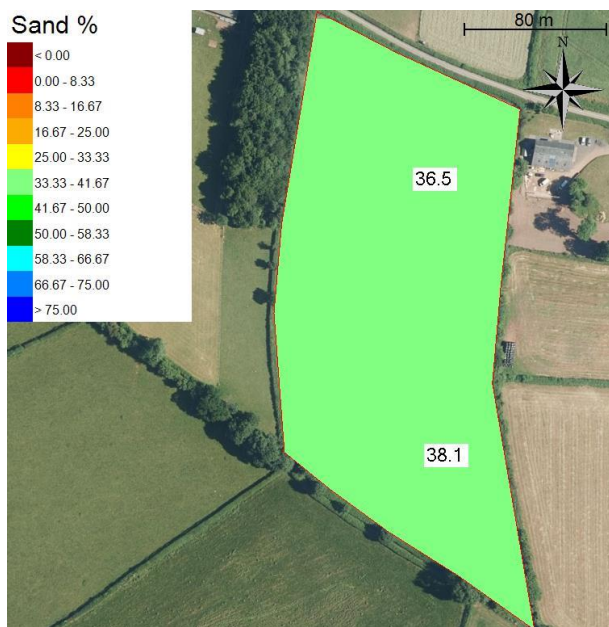
Atodiad 2

Enghreifftiau o allbynnau ar gyfer yr adroddiad am briddoedd ffermwyr

Mae'r wybodaeth isod yn rhoi'r prif allbynnau ar gyfer y dadansoddiad priddoedd a wnaed yn rhan o'r prosiect hwn. Mae gan bob cae a brofwyd ac a ddadansoddwyd waelodlin deunydd organig cadarn a dibynadwy y gellir gwneud mesuriadau ohonynt yn y dyfodol am fod lleoliad GPS ar gyfer pob pwynt samplu. Gwnaethpwyd dadansoddiad maetholion hefyd yn rhan o'r rhaglen samplu pridd.

Soil Nutrients	mg/L or pH Val		
Sampled on: 14/12/2021	Min	Max	Average
P Index Map	1.20	1.30	1.25
K Index Map	0.80	0.90	0.85
Mq Index Map	3.20	3.40	3.30
pH	6.00	6.00	6.00
OM-DUMAS%	3.30	3.60	3.45
CEC (Meq/100g)	7.20	9.10	8.15
Ca	1036.00	1149.00	1092.50
B	0.75	0.81	0.78
Cu	4.00	4.60	4.30
S	2.00	2.00	2.00
Fe	614.00	658.00	636.00
Mn	121.00	126.00	123.50
Mo	0.02	0.02	0.02
Na	27.00	32.00	29.50
Zn	3.20	3.50	3.35
Silt %	48.02	51.41	49.72
Clay %	12.13	13.84	12.98
Sand %	36.46	38.14	37.30
Bulk Density (g/cm3)	1.41	1.44	1.43
Organic C %	1.90	2.10	2.00
Total C %	2.30	2.30	2.30
C:N Ratio	9.99	10.36	10.17
N%	0.19	0.20	0.19
Organic C Stock (t/ha)	82.08	88.83	85.46
Total C Stock (t/ha)	97.29	99.36	98.33





Atodiad 3 Y Fethodoleg Samplu a Dadansoddi Pridd

Mae'n hanfodol deall y lefelau o amrywioldeb yn agweddau ffisegol y pridd er mwyn caniatáu mwy o gywirdeb a thrachywiredd yn y mesuriadau sampl. Byddai ein methodoleg yn cynnig defnyddio data am ddargludedd y pridd i dargeddu lleoliadau casglu samplau tuag at ardaloedd o amrywioldeb cyson er mwyn darparu gwell penderfyniadau rheoli sy'n ymwneud yn uniongyrchol â'r newidynnau hyn, gostwng costau a maint y samplu a hefyd ganiatáu ar gyfer mwy o reolaeth wedi'i dargedu. Ar y dechrau, byddem yn cynnig gweithio ar arwynebedd gymesur o bob un o'r 6 fferm sy'n cymryd rhan yn y prosiect a theilwra hyn i ganfod y rhaglen ddarparu orau i ffitio o fewn y dyraniad cyllideb.

Cam 1: Arolwg Sganio Dargludedd Electromagnetig

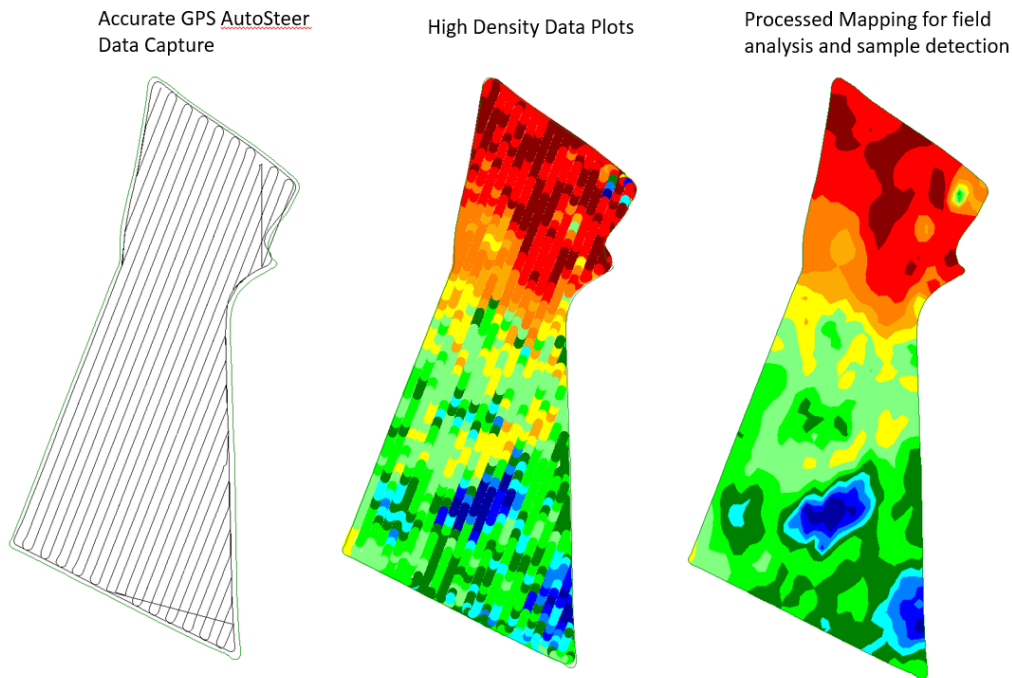
Mae gwasanaeth sganio electromagnetig nad yw'n ymledol yn casglu data dwysedd uchel ar ddyfnderoedd amrywiol drwy'r proffil pridd (Ffigur 1 a 2). Rydym yn defnyddio'r data hwn wedyn i ganfod faint o amrywioldeb sydd yn nodweddion ffisegol/gweadol y pridd o fewn y cae. Mae'r data hwn yn rhoi gwybodaeth werthfawr i hysbysu penderfyniadau rheoli eraill a gweithredoedd amaethyddol manwl gywir fel hau hadau ar raddfeydd amrywiol.

Gellir defnyddio asesiad o ddargludedd pridd ochr yn ochr â chyfresi data cyflenwol eraill yn ogystal â gwybodaeth y ffermwr/rheolwr y tir yn rhan o'r broses o ganfod 'gwirionedd am y tir'. Gan ddefnyddio'r haen ddata electromagnetig, targedir ardaloedd o amrywioldeb dangosol i wneud dadansoddiad ffisegol o'r pridd. Gall y dull hwn ostwng maint cyfanswm y samplau (o'u cymharu â dull 'samplu grid' nodweddiadol) a'u lleoli yn y manau gorau. Yna mae'r dull hwn yn caniatáu i gyfres ehangach o wasanaethau dadansoddol gael eu gweithredu ar bob sampl ac felly ddarparu dealltwriaeth llawer manylach o nodweddion ffisegol, cemegol a biolegol y pridd.

Mae gwasanaethau dadansoddol sy'n cael eu gwneud ar bridd amaethyddol fel arfer yn tueddu i ganolbwyntio'n bennaf ar y gydran gemegol fel dangosyddion allweddol a macrofaetholion (P,K,Mg,pH). Ond, mae'n arfer llai cyffredin i'w defnyddio i ddeall sut mae'r rhain yn cael eu heffeithio gan gydrannau ffisegol y pridd. Gall fod yn werthfawr i ddilysu'r 'parthau' neu'r mathau hyn o bridd wrth broffilio tirwedd oherwydd gall gwahanol weadau fod â gwahanol nodweddion ymhob agwedd, o'u galluoedd i ddal deunydd organig/maetholion hyd at ddal dŵr a gweithgareddau biolegol



Ffigur 1: Cerbyd Kubota RTV gydag arweinydd llywio awto GPS a synhwyrdd dargludedd electromagnetig .

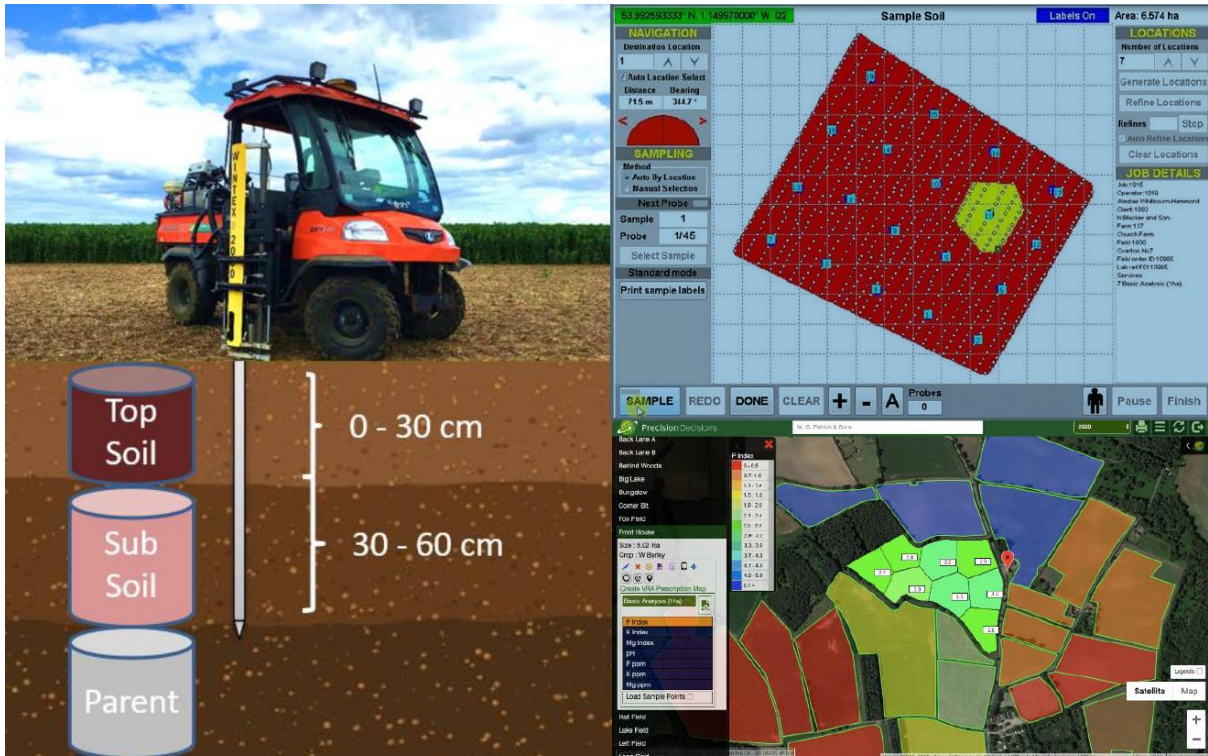


Ffigur 2: Cyfres ddata enghreifftiol o arolwg dargludedd electromagnetig a wnaethpwyd ar draws cae. Mae casgliad data trachywir a gofodol ddwys yn darparu asesiad eglur iawn o amrywioldeb gyda nodweddion ffisegol y pridd, y lleoliadau delfrydol i osod mannau o ddiddordeb ar gyfer dadansoddiad pridd wedi'i dargedu.

Cam 2: Samplu Pridd

Samplu wedi'i dargedu: Rhannu'r cae yn fannau sydd â nodweddion pridd tebyg i ganfod y stociau carbon o fewn 'parthau' caeau oherwydd gall hyn ostwng ansicrwydd a helpu gyda rheoli.

- Roedd pob sampl yn cynnwys 16 sampl craidd unigol o bridd ar y dyfnder a ddymunwyd i ffurfio'r sampl cynrychioladol ar gyfer y lleoliad hwnnw.
- Tynnir samplau pridd gan ddefnyddio taradr pridd pŵer hydrolog awtomatig sy'n sicrhau bod pob sampl yn cael ei gymryd yn gyson i'r safon ofynnol.
- Mae'r broses o echdynnu samplau pridd wedi'i rheoli gan GPS ac yn cynnig y lefelau uchaf o gysondeb, y gallu i'w olrhain a'i ailadrodd, sy'n hanfodol ar gyfer meincnodi ac i ganfod newidiadau ymhob agwedd o'r broses profi pridd. (Ffigur 3.)



Ffigur 3: Taradr samplu pridd wedi'i bweru'n hydrolig ac wedi'i osod ar Kubota RTV gyda thracio GPS, meddalwedd recordio wedi'i deilwra'n benodol ac argraffu labeli'n awtomatig er mwyn cael y cywirdeb a'r effeithiolrwydd mwyaf, a'r gallu gorau i'w olrhain. Yna gellir gweld canlyniadau'r profion drwy ddefnyddio plattform digidol.

Dyfnder y Sampl:

I fesur carbon, mae angen o leiaf 30cm. Mae canllawiau'r Panel Rhynglywodraethol ar y Newid yn yr Hinsawdd (IPCC) yn gofyn am o leiaf 30 cm ac, os cymerir samplau dyfnach, dylai'r rhain gael eu samplu ar wahân. Fel arfer, gwelir bod rhwng 40 – 50% o SOC (hyd 1m) yn y 30cm uchaf, sy'n golygu bod stoc C sylweddol yn is yn y proffil. Mae newidiadau mwy yn y stoc carbon yn digwydd yn yr haen uchaf ond mae sefydlogiad tymor hirach o SOC yn digwydd mewn haenau dyfnach o'r pridd dyfnach ac mae'n debygol o ddatblygu dros gyfnodau hirach.

Cam 3: Dadansoddiad Sampl

Cafwyd prawf ar y dadansoddiad pridd i ganfod y metrigau Carbon Pridd yn ogystal â dadansoddiad sylfaenol o'r maetholion, yn cynnwys:

- Maetholyn Sylfaenol:
 - o P, K, Mg, pH
 - Gwead y pridd
 - Dwysedd Swmp
 - Cyfres Asesu Carbon y Pridd
 - o N Cyfan
 - o Carbon Organig
 - o Deunydd Organig %
 - o Cymhareb C:N

o Cyfanswm Carbon

o Cyfanswm y Stoc Carbon

Gwnaethpwyd dadansoddiad gan ddefnyddio'r dull hylosgiad sych (DUMAS%) fel sydd wedi'i argymhell gan IPCC a FAO (Sefydliad Bwyd ac Amaeth y Cenhedloedd Unedig) a'i wneud mewn labordy wedi'i achredu ar gyfer profi pridd amaethyddol (Lancrop Laboratories). Bydd y canlyniadau'n cael eu cyflwyno fel carbon pridd cyfan a charbon organig pridd (SOC). Mae'n bwysig bod y ddau'n cael eu cofnodi i ddarparu'r gwaelodlin ar gyfer y stoc carbon cyfan a'r elfen sy'n cael ei dylanwadu'n drymach gan weithgarwch ffermio, sef y gydran organig.

Cafodd y dull hylosgiad sych (DUMAS) ei ddewis dros ddulliau eraill o gyfrifo carbon am fod yr amrywioldeb yn is a gall wahaniaethu rhwng carbon craig carbonad a charbon pridd. Argymhellir y dull hwn gan Ganllawiau FAO ar gyfer asesiad carbon pridd.

Cydran allweddol arall i asesu stoc carbon a newid stoc yw deall dwysedd swmp y pridd. Mae dwysedd swmp yn fetrig hanfodol, yn enwedig lle mae amrywioldeb o bosib yn y math o bridd.

Cyfeiriadau

ADAS UK Ltd, 2014. Study to Model the Impact of Controlling Endemic Cattle Diseases and Conditions on National Cattle Productivity, Agricultural Performance and Greenhouse Gas Emissions.

Beef and Lamb New Zealand, 2020. An analysis of carbon stocks and net carbon position for New Zealand sheep and beef farmland. [Online]. Available at: https://beeflambnz.com/sites/default/files/news-docs/BL_Carbon_report_for_review_final_submit.pdf. Accessed: 05/01/2022.

Brown, P., Cardenas, L.M., Choudrie, S., Jones, L., Karagianni, E., MacCarthy, J., Passant, N., Richmond, B., Smith, H., Thistlewaite, G., Thomson, A., Turtle, L., Wakeling, D., Bradley, S., Broomfield, M., Buys, G., Cliverd, H., Gibbs, M., Gilhespy, S., Glendining, M., Gluckman, R., Henshall, P., Hobson, M., Lambert, N., Malcolm, H., Manning, A., Matthews, R., May, K., Milne, A., Misra, A., Misselbrook, T., 2019. UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2018: Annual Report for Submission under the Framework Convention on Climate Change. Department for Business, Energy & Industrial Strategy.

BSI, 2011. PAS 2050: 2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. London: British Standards.

Burgess, P.J., 2017. Agroforestry in the UK.

Carswell, A.M., Gongadze, K., Misselbrook, T.H., Wu, L., 2019. Impact of transition from permanent pasture to new swards on the nitrogen use efficiency, nitrogen and carbon budgets of beef and sheep production. *Agric. Ecosyst. Environ.* 283, 106572. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106572>

CIEL, 2020. Net Zero Carbon & UK Livestock. Centre for Innovation Excellence in Livestock. [Online]. Available at: https://www.cielivestock.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/CIEL-Net-Zero-Carbon-UK-Livestock_2020_Interactive.pdf. Accessed: 05/01/2022.

Climate Change Committee, 2020. Policies for the Sixth Carbon Budget and Net Zero.

Craig, K., 2020. Farm Management Handbook 2020/21. FAS.

Dawson, J.J.C., Smith, P., 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Science of the Total Environment* 382, 165-190.

Edwards-Jones, G., Plassmann, K., Harris, I.M., 2009. Carbon footprinting of lamb and beef production systems: insights from an empirical analysis of farms in Wales, UK. *J. Agric. Sci.* 147, 707–719. <https://doi.org/10.1017/S0021859609990165>

Eory, V., MacLeod, M., Topp, C.F.E., Rees, R.M., Webb, McVittie, Wall, Borthwick, Watson, Waterhouse, Wiltshire, 2015. Review and update the UK Agriculture Marginal Abatement Cost Curve to assess the greenhouse gas abatement potential for the 5th carbon budget period and to 2050. (Final report submitted for the project contract “Provision of services to review and update the UK agriculture MACC and to assess abatement potential for the 5 th carbon budget period and to 2050”). SRUC.

Fernández, R., Quiroga, A., Zorati, C., Noellemeyer, E., 2010. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. *Soil Tillage Res. - SOIL TILL RES* 109, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.05.002>

Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P., Verhagen, J., 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122, 1-23.

Gibbons, J.M., Ramsden, S.J., Blake, A., 2006. Modelling uncertainty in greenhouse gas emissions from UK agriculture at the farm level. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 347–355. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.029>

- Hyland, J.J., Styles, D., Jones, D.L., Williams, A.P., 2016. Improving livestock production efficiencies presents a major opportunity to reduce sectoral greenhouse gas emissions. *Agric. Syst.* 147, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.06.006>
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- IPCC (2006). International Panel for Climate Change guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K.
- Jensen, E.S., Peoples, M.B., Boddey, R.M., Gresshoff, P.M., Hauggaard-Nielsen, H., J.R. Alves, B., Morrison, M.J., 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 329–364. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0056-7>
- Jones, A., Jones, D., Cross, P., 2013. The carbon footprint of lamb: Sources of variation and opportunities for mitigation. *Agric. Syst.* 123. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.09.006>
- Leake, J., Ostle, N., Rangel, I., Johnson, D., 2006. Carbon fluxes from plants through soil organisms determined by field ¹³C₂ pulse-labelling in an upland grassland. *Appl. Soil Ecol.* 33, 152–175. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.03.001>
- Leifeld, J., Menichetti, L., 2018. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nat. Commun.* 9, 1071. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03406-6>
- Mangalassery, S., Sjögersten, S., Sparkes, D.L., Sturrock, C.J., Craigon, J., Mooney, S.J., 2014. To what extent can zero tillage lead to a reduction in greenhouse gas emissions from temperate soils? *Sci. Rep.* 4, 4586. <https://doi.org/10.1038/srep04586>
- Ostle, N.J., Levy, P.E., Evans, C.D., Smith, P., 2009. UK land use and soil carbon sequestration. *Land Use Policy, Land Use Futures* 26, S274–S283. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.006>
- Read, D.J., Freer-Smith, P.H., Morison, J.I.L., Hanley, N., West, C.C., Snowdon, P., 2009. Combating climate change: a role for UK forests. An assessment of the potential of the UK's trees and woodlands to mitigate and adapt to climate change. *Combat. Clim. Change Role UK For. Assess. Potential UKs Trees Woodl. Mitigate Adapt Clim. Change.*
- Sykes, A., Topp, K., Wilson, R., Reid, G., Rees, B., 2017. A comparison of farm-level greenhouse gas calculators in their application on beef production systems. *J. Clean. Prod.* 164. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.197>
- Taft, H., Chadwick, D., Styles, D., Kipling, R., Newbold, J., Moorby, J., 2018. A review of greenhouse gas calculators for use in the Welsh agricultural sector: A Climate-Smart Agriculture report. School of Natural Sciences, Bangor University.
- Teague, W.R., Dowhower, S.L., Baker, S.A., Haile, N., DeLaune, P.B., Conover, D.M., 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141, 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.009>
- Thorup-Kristensen, K., Halberg, N., Nicolaisen, M., Olesen, J.E., Crews, T.E., Hinsinger, P., Kirkegaard, J., Pierret, A., Dresbøll, D.B., 2020. Digging deeper for agricultural resources, the value of deep rooting. *Trends in Plant Science* 25(4), 406-417.
- Llywodraeth Cymru, 2019. 2019 Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr Cymru [Ar-lein]. Ar gael ar: <https://gov.wales/sites/default/files/publications/2021-12/greenhouse-gas-emissions-infographic-2019.pdf>. Cyrchwyd: 07/03/2022.

Llywodraeth Cymru, 2019. Cymru'n derbyn targed gostwng allyriadau 95% y Pwyllgor Newid Hinsawdd. [Ar-lein]. Ar gael ar: <https://gov.wales/wales-accepts-committee-climate-change-95-emissions-reductiontarget>. Cyrchwyd: 05/01/2022

Llywodraeth Cymru, W., 2022. Cynllun Ffermio Cynaliadwy: Cynigion Bras ar gyfer 2025 71.