

Dadansoddiad o Sensitifrwydd Strategaeth CCUS: Adroddiad Atodol

Llywodraeth Cymru



Adroddiad Rhif: 10338561, Diw. 2
Dyddiad: 2022-02-25

Llywodraeth Cymru
Welsh Government



Enw'r prosiect:	Dadansoddiad o Sensitifrwydd Strategaeth CCUS:	DNV Energy Systems
Teitl yr adroddiad:	Adroddiad Atodol	Energy Systems Advisory
Cwsmer:	Llywodraeth Cymru	30 Stamford Street
Cyswllt cwsmeriaid:	Helen Donovan	4th Floor Vivo Building
Dyddiad cyhoeddi:	2022-02-25	London
Prosiect Rhif:	10338561	SE1 9LQ
Adroddiad Rhif:	10338561, Diw. 2	Rhif Cofrestru'r Cwmni 01503799
Contract(au) perthnasol sy'n rheoli darpariaeth yr Adroddiad hwn:		
Contract Rhif 4400013193		

Amcan:

Dadansoddiadau o sensitifrwydd sy'n gysylltiedig â'r Strategaeth CCUS i Gymru

Paratowyd gan:



Ali Daoud
Ymgynghorydd

Dilyswyd gan:

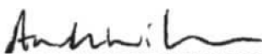


Graham Bennett
Is-lywydd

Cymeradwywyd gan:



Graham Bennett
Is-lywydd



Andrew Williams
Prif Ymgynghorydd

Hawlfraint © DNV 2022. Cedwir pob hawl. Oni chytunir fel arall yn ysgrifenedig: (i) Ni cheir copïo, atgynhyrchu na throsglwyddo'r cyhoeddiad hwn na rhannau ohono ar unrhyw ffurf, neu mewn unrhyw fodd, boed hynny'n ddigidol neu fel arall; (ii) Bydd cynnwys y cyhoeddiad hwn yn cael ei gadw'n gyfrinachol gan y cwsmer; (iii) Ni chaiff unrhyw drydydd parti ddibynnu ar ei gynnwys; ac (iv) nid yw DNV yn ymgymryd â dyletswydd gofal tuag at unrhyw drydydd parti. Gwaherddir cyfeirio at ran o'r cyhoeddiad hwn a allai arwain at gamddehongli.

Dosbarthiad DNV:

Geiriau Allweddol:

- ☐ AGORED. Dosbarthiad heb gyfyngiad, mewnol ac allanol.
- ☐ At ddefnydd MEWNOL yn unig. Dogfen fewnol DNV.
- ☒ CYFRINACHOL. Dosbarthiad o fewn DNV yn unol â'r contract perthnasol.*
- ☐ PREIFAT. Mynediad wedi'i awdurdodi yn unig.

*Nodwch y dosbarthiad:

Rhif Diw.	Dyddiad	Rheswm dros gyhoeddi	Paratowyd gan	Dilyswyd gan	Cymeradwywyd gan
1	25/2/22	Cyhoeddiad drafft ar gyfer adolygiad LIC			
2	22/3/22	Fersiwn derfynol i'w chyhoeddi			



Cynnwys

1	CRYNODEB GWEITHREDOL	1
1.1	Casgliadau yn dilyn yr Astudiaethau Sensitifrwydd	4
1.2	Argymhellion	8
2	CYFLWYNIAD.....	9
2.1	Cefndir y prosiect cyffredinol	9
2.2	Rôl Casglu, Defnyddio a Storio Carbon yng Nghymru	11
2.3	Amcanion Allweddol CCUS yng Nghymru	11
3	OPSIYNAU AR GYFER CCUS YNG NGHYNMRU	15
3.1	Casglu, cludo a storio	15
3.2	Cludo CO ₂	16
3.3	Seilwaith Porthladdoedd Presennol yn Ne Cymru	17
3.4	Opsiynau Allforio CO ₂ ac Amserlenni	18
4	CANLYNIADAU MODELU SENSITIFRWYDD	20
4.1	Senarios a Ddefnyddir yn yr Astudiaethau Sensitifrwydd	21
4.2	Achosion y Rhwydwaith CCUS a Ddefnyddir yn yr Astudiaethau Sensitifrwydd	23
4.3	Model Casglu CO ₂	25
4.4	Dadansoddiadau o Sensitifrwydd Modelu Hwb a Chludo CO ₂	25
4.5	Crynodeb o Fodelu Sensitifrwydd Opsiynau Allforio	25
4.6	Canlyniadau Sensitifrwydd Cadwyn Gwerth CO ₂ Cyffredinol	30
4.7	Effaith Achosion Sensitifrwydd ar y Canlyniadau Cyffredinol	30
4.8	Maint Lleiniau Hybiau Cludo	34
4.9	Allyriadau CO ₂ o Gludo	35
5	CASGLIADAU YN DILYN YR ASTUDIAETH SENSITIFRWYDD	36
6	ARGYMHELLION.....	41
7	GEIRFA.....	44

1 CRYNODEB GWEITHREDOL

Argymhellodd y Pwyllgor ar Newid Hinsawdd (CCC) y dylai'r DU gyflawni allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr (GHG) sero net erbyn 2050 er mwyn bodloni'r Cytundeb Paris, ac mae'r argymhelliad hwn bellach wedi cael ei basio'n gyfraith yn y DU.

Yn y cenhedloedd datganoledig, mae amrywiadau o ran y terfynau amser i gyflawni sero net, gan fod y cyfleoedd ar gyfer datgarboneiddio'n wahanol ym mhob cenedl. Fis Mawrth 2021, deddfodd y Senedd darged sero net erbyn 2050 yng Nghymru, yn dilyn cyngor y Pwyllgor ar Newid Hinsawdd (CCC) a gyhoeddwyd fis Rhagfyr 2020.

Mae gan Gasglu, Defnyddio a Storio Carbon (CCUS) y potensial i alluogi datgarboneiddio mewn sawl rhan o'r economi gan gynnwys diwydiant, cynhyrchu pŵer, gwres a thrafnidiaeth. Gall leihau allyriadau'n sylweddol o hylosgiad tanwyddau ffosil, neu alluogi'r broses o gynhyrchu hydrogen carbon isel o ddiwygio methan.

O'i gymharu â rhannau eraill o'r DU, mae gan Gymru lai o gyfleoedd i storio carbon deuocsid (CO₂) o dan y ddaear oherwydd diffyg storfeydd daearegol addas. Fodd bynnag, mae gan safleoedd yng Ngogledd-ddwyrain Cymru opsiwn i gysylltu â'r prosiect storio CO₂ HyNet sy'n cael ei ddatblygu yng Ngogledd-orllewin Lloegr, tra bod dim mynediad rhwydd i storfa CO₂ addas i safleoedd yn Ne Cymru, lleoliad y rhan fwyaf o'r diwydiant trwm. Felly, mae angen datblygu atebion gwahanol, wrth feddwl am sut i fwrw'r targed sero net ledled Cymru.

Mae gan Lywodraeth Cymru darged statudol i leihau allyriadau gan o leiaf 100% (sero net) yn 2050 o'i gymharu â 1990. Mae hefyd targedau dros dro sydd wedi'u gosod yn gyfreithiol ar gyfer 2030 (63%) a 2040 (89%), yn ogystal â

chyllidebau carbon drwy gydol degawd 2020.¹ Disgwylir y bydd y data allyriadau ar gyfer 2020 yn cael ei gyhoeddi ym mis Mehefin 2022.

Yn ei Adroddiad Cyngor i Lywodraeth Cymru ym mis Rhagfyr 2020, roedd y CCC yn cydnabod y dylai Llywodraeth Cymru bellach osod targed Sero Net ar gyfer 2050. Yn yr un adroddiad, wrth gydnabod bod Llywodraeth Cymru wedi gwneud camau sylweddol a bod Cymru'n debygol o fwrw'i tharged ar gyfer 2020, nododd y CCC hefyd nad oedd Cymru'n debygol o fodloni'r targed lleihau gwreiddiol o 80% erbyn 2050, a bod llawer o waith i'w wneud er mwyn bodloni'r targed sero net erbyn 2050.

Yn 2021, cadwyd DNV gan Lywodraeth Cymru i gefnogi'r gwaith o ddatblygu Strategaeth CCUS i Gymru. Arweiniodd y gwaith hwnnw at gyhoeddi Prif Adroddiad a oedd yn cyflwyno cyfres o opsiynau ac argymhellion i Lywodraeth Cymru eu hystyried, wrth bennu'r llwybr at gyflawni sero net drwy weithrediad strategaeth CCUS. Roedd yr adroddiad yn seiliedig ar fodel techno-economaidd, o'r opsiynau casglu, cludo a storio ar gyfer allyrwyr CO₂ yng Nghymru. Mae prif ffocws y gwaith sydd wedi'i gwblhau hyd yma yn ymwneud ag allyriadau CO₂ o allyrwyr mawr diwydiannol, cynhyrchu pŵer a masnachol (megis adeiladau bwrdeistrefol, canolfannau siopa ac ati). Nid yw'n mynd i'r afael â phob math o allyriadau CO₂, er enghraifft o drafndiaeth neu ffynonellau domestig. Er eu bod yn bwysig o bersbectif newid

¹ Mae Cyllideb Garbon 2 (2021-25) yn gofyn am leihad cyfartalog o 37% ac mae Cyllideb

Garbon 3 (2026-30) yn gofyn am leihad cyfartalog o 58%.

hinsawdd, nid oedd allyriadau methan o amaethyddiaeth neu ddiwydiant ychwaith yn rhan o sgôp y prosiect hwn.

Roedd adborth gan ddiwydiant ynghylch y Prif Adroddiad² yn dangos bod angen cynnal cyfres o astudiaethau sensitifrwydd, er mwyn gwella'r dadansoddiadau gwreiddiol, yn enwedig yng nghyswllt modelu gweithgareddau cludo. Y gwaith a gwblhawyd i gynnal y dadansoddiadau o sensitifrwydd hynny sy'n sail i'r adroddiad atodol hwn.



Argymhellir bod y rhai sy'n darllen yr adroddiad hwn yn bwrw golwg dros y Prif Adroddiad ar y cyd â'r dadansoddiadau o sensitifrwydd hyn er mwyn cael esboniad pellach o'r dull a fabwysiadwyd i werthuso'r Strategaeth CCUS i Gymru.

Cafodd rhannau o'r adroddiad o sensitifrwydd hwn eu diweddarau â gwybodaeth newydd sydd wedi dod i'r amlwg ers cyhoeddi'r Prif Adroddiad. Fodd bynnag, nid yw'r diweddariadau hyn yn effeithio ar ganlyniadau'r adroddiad o sensitifrwydd, gan eu bod yn cyfeirio at ddiweddariadau polisi yn unig, neu at ddogfennau cyfeirio sydd wedi'u diweddarau.

Roedd yr ymchwil cychwynnol yn 2021 yn ystyried pedwar achos ar gyfer galw

posibl am gasglu CO₂ yng Nghymru. Mae'r rhain yn cael eu dangos isod. Cafodd hyn ei wneud er mwyn rhoi ystod o senarios i Lywodraeth Cymru i'w hystyried ar gyfer polisiau yn y dyfodol.

Ar gyfer yr astudiaethau sensitifrwydd, defnyddiwyd yr un pedwar achos, gyda'r addasiadau canlynol:

- Cynnydd yn y capasiti storio CO₂ canolradd ym mhob porthladd i 300% o gyfaint y llong fwyaf sy'n ymweld â'r lle
- Cynnydd yn nifer y tanciau storio canolradd ym mhob un o hybiau'r porthladdoedd o ddau i dri
- Gostyngiad yn oes cludo pob llong o 20 i 15 mlynedd
- Gostyngiad yng nghyflymder cludo pob llong o 15 not i 13 not
- Gostyngiad yn yr amcangyfrifon o ran argaeledd asedau o 90% i 85%
- Cynnydd cynyddrannol o 25%, 50% a 100% yng nghostau gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd

Mae pob achos wedi'i ail-fodelu i bennu costau diwygiedig pob opsiwn ar gyfer pob un o gyfleusterau'r porthladdoedd. Mae casgliadau ac argymhellion yr adroddiad gwreiddiol hefyd wedi cael eu hailystyried a'u hadolygu er mwyn asesu pa mor addas ydynt yn erbyn canlyniadau'r dadansoddiadau o sensitifrwydd.

Er bod pob un o'r porthladdoedd wedi cael eu hail-fodelu, mae'r drafodaeth yn yr adroddiad hwn yn canolbwyntio ar yr hybiau cludo CO₂ mwyaf posibl ym Mhort Talbot, Casnewydd ac Aberdaugleddau.

² <https://llyw.cymru/rhwydwaith-casglu-defnyddio-storio-carbon-i-gymru-adroddiad>

ACHOS CCS LLEIAF	ACHOS CCS CANOLIG	ACHOS CCS UCHEL	ACHOS CCS UCHAF
Dim ond y diwydiannau sydd angen CCUS ar gyfer datgarboneiddio prosesau sy'n ei ddefnyddio. Ni ragdybir y bydd CCUS yn cael ei roi ar waith mewn gorsafoedd pŵer. Tybir bod yr holl ddiwydiant arall yn datgarboneiddio drwy newid tanwydd neu drydaneiddio. Tybir bod unrhyw hydrogen sy'n cael ei ddefnyddio ar gyfer datgarboneiddio yn wyrdd neu wedi'i fewnforio. Tybir nad yw'r gwaith dur ym Mhort Talbot yn defnyddio CCUS.	Yn defnyddio'r achos CCS lleiaf a mwy: Mae diwydiannau eraill sy'n addas ar gyfer datgarboneiddio drwy CCUS (oherwydd y prosesau sydd ynghlwm a/neu eu hagosrwydd at ddefnyddwyr CCUS hanfodol) yn defnyddio CCUS. Mae pob proses cynhyrchu pŵer ar raddfa fawr (gan gynnwys biomas ac ynni o wastraff) yn cael ei ddatgarboneiddio drwy newid tanwydd i hydrogen a gynhyrchir yng Nghymru. Mae ffracsiwn "glas" yr hydrogen hwnnw'n gofyn am CCUS. Tybir nad yw'r gwaith dur ym Mhort Talbot yn defnyddio CCUS.	Yn defnyddio'r achos Canolig a mwy: Caiff Gwaith Dur Port Talbot ei drosi'n broses creu dur gydag arc drydan a hydrogen. Tybir bod hyn yn creu galw am CCUS (drwy hydrogen) o 25% o'r gwaith dur presennol hwnnw.	Yn defnyddio'r achos CCS Canolig a mwy: Caiff Gwaith Dur Port Talbot ei adnewyddu i weithredu gyda'r llwybr Ffwrnais Chwyth - Ffwrnais Ocsigen Sylfaenol cyffredin gyda datgarboneiddio drwy gyfuniad o CCUS, hydrogen a thrydaneiddio.



1.1 Casgliadau yn dilyn yr Astudiaethau Sensitifrwydd

1. Mae CCUS yn parhau i fod yn opsiwn technegol dichonadwy i gynorthwyo Cymru i gyflawni ei thargedau statudol ar gyfer lleihau allyriadau. Mae'r dechnoleg sydd ei hangen i greu rhwydwaith CCUS yng Nghymru ar gael, ac mae'r capasiti sydd angen ei gasglu, ei gludo a'i storio o fewn galluoedd technolegau profedig.
2. Er bod y dechnoleg i adeiladu rhwydwaith CCUS yn bodoli, fel sy'n wir am sawl datrysiad carbon is, mae'n ddatrysiad drud i'r her ddatgarboneiddio i allyrwyr yng Nghymru. Yn hyn o beth, mae'n bosibl mai dim ond rhan o'r datrysiad ydyw, a dylid ystyried mesurau eraill megis llai o alw am ynni, gwell effeithlonrwydd ynni, rhagor o ailgylchu, a fectorau ynni amgen megis trydaneiddio neu hydrogen yn ddatrysiadau cynradd. Pan na ellir defnyddio atebion eraill oherwydd

anghenion prosesau, costau neu ymarferoldeb, yna bydd CCUS yn hanfodol ar gyfer trin gollyngiadau gweddilliol. O ganlyniad, bydd yn bwysig i Lywodraeth Cymru gynnal dull hyblyg o ddatgarboneiddio sy'n cefnogi ystod o fesurau datgarboneiddio ac yn caniatáu i atebion gael eu huwchraddio neu eu lleihau wrth i'r galw newid, neu wrth i atebion newydd ddod i'r amlwg.

3. Mae'r gwaith modelu a gwblhawyd yn rhan o'r astudiaethau sensitifrwydd nawr yn rhagweld bod pris casglu a storio carbon yn amrywio o £100 i £360 fesul tunnell, gyda'r rhan fwyaf o'r allyrwyr yn dod o dan yr ystod bris is. Mae'r gwerthoedd hyn yn dal i fod o fewn yr ystod a welir mewn prosiectau CCUS rhyngwladol eraill. Caiff amrywiaeth eang y costau ei gyrru gan leoliad safle'r allyrrydd mewn perthynas â "hwb" allforio, natur y dechnoleg gasglu sydd ei hangen, dewis y prif lwybr allforio (piblinell neu long) a chyfanswm y CO₂ sy'n cael ei allforio.

4. Yn y Prif Adroddiad a'r astudiaethau sensitifrwydd hyn, mae'r costau casglu'n cyfrif am rhwng 67-77% o'r gost gyffredinol. Mae Costau'r Hwb yn cyfrif am tua 17-23% o'r gost gyffredinol, ac mae costau cludo yn cyfrif am tua 7-10% o'r gost gyffredinol. Gan mai dim ond effeithio ar gostau cludo mae'r holl achosion sensitifrwydd, nid yw'r effaith ar gost gyffredinol cadwyn gwerth CCUS mor sylweddol ag y gellid ei ddisgwyl. Er enghraifft, mae'r achos sensitifrwydd cost storio yn arwain at gynydd o 15% yng nghostau'r hwb yng Nghasnewydd, ond dim ond achosi cynnydd o 3% yn y costau Casglu a Chludo cyffredinol (gweler **Tabl 4-5**).
5. Yn unol â'r disgwyl, mae gan ffynonellau allyriadau mwy sy'n agos at hybiau allforio gostau sylweddol is fesul tunnell o CO₂ sy'n cael ei storio, tra bo gan safleoedd llai, sy'n bell i ffwrdd o'r hybiau allforio, gostau uwch. Mae piblinellau allforio a rennir i hwb yn creu ychydig o arbedion allforio i rai safleoedd, ond grwpio allyriadau o safleoedd cyfagos a pherthnasol sy'n cynnig yr arbedion mwyaf. Unwaith eto, mae hyn yn cefnogi'r angen i Lywodraeth Cymru gynnal ymagwedd hyblyg a goruchwyllo datrysiadau sy'n amddiffyn capasiti diwydiannol a lefelau cyflogaeth.
6. Mae gan safleoedd yng Ngogledd Cymru'r opsiwn i glymu i mewn i'r prosiect HyNet yn y Gogledd-orllewin. Credir bod y gost o gasglu a chludo i'r seilwaith HyNet rhwng £96 a £268 fesul tunnell yn dibynnu ar leoliad y safle, y datrysiad casglu a lefelau'r allyriadau, ac nid yw'r achosion sensitifrwydd hyn yn effeithio ar hynny. Nid yw cost cyrchu seilwaith HyNet yn hysbys ar hyn o bryd, a byddai angen ei ychwanegu at y gwerthoedd hyn. Hefyd, byddai angen cael caniatâd a chymeradwyaeth cynllunio ar gyfer llwybrau'r piblinellau dros ffin Cymru/Lloegr. Mae trafodaethau ynglŷn â hyn ar waith ar hyn o bryd gyda'r OGA a chyrrff rheoliadol eraill.
7. Bydd sicrhau mynediad i gapasiti storio CO₂ addas a digonol yn hanfodol bwysig i Gymru'n gyffredinol, ac i safleoedd De Cymru yn benodol. Er ei bod hi'n debygol mai Cwmni Storio a Chludo CCS (T&SCo) fyddai'n gyfrifol am y gwaith gwirioneddol sydd angen ei wneud i gludo a storio CO₂ yn ddiogel o Gymru, bydd hi'n bwysig bod Llywodraeth Cymru'n chwarae rhan yn y trafodaethau cychwynnol gyda'r lleoliadau storio posibl i sicrhau capasiti i'r dyfodol ar gyfer Cymru. Roedd trafodaethau â rhanddeiliaid yn ystod y gwaith o gynhyrchu'r Prif Adroddiad gyda nifer o weithredwyr storio posibl wedi dangos bod lefelau diddordeb sylweddol eisoes wedi cael eu mynegi mewn sicrhau capasiti. Mae rhai sefydliadau a llywodraethau y tu allan i Gymru eisoes wedi llofnodi Memorandwm Cyd-ddealltwriaeth (MOU) gyda storfeydd sy'n cael eu cynllunio ar hyn o bryd yn y DU a Gogledd Ewrop. Mae'r gwaith a gwblhawyd gan DNV mewn prosiectau eraill wedi dangos bod uchelgais storio CO₂ prosiectau Ewropeaidd yn uwch na'r capasiti storio tebygol yn Ewrop gan ffactor o dri, ac felly mae'n debygol y bydd galw sylweddol am storfeydd yn y DU. (gweler **Ffigur 3-3**).
8. Roedd y mater o gludo CO₂ ar longau yn absennol i ddechrau o gynigion model busnes BEIS ar gyfer y CCUS a gyhoeddwyd yn 2021. Yn dilyn sylwadau gan Lywodraeth Cymru a

rhanddeiliaid eraill, mae BEIS nawr yn ymgynghori ar ddatrysiadau ar gyfer Cludo CO₂ heb Biblinell (NPT).

9. Ar 10 Chwefror 2021, cyhoeddodd BEIS ei ymagwedd ddrafft i ddilyniannu clystyrau CCUS, ochr yn ochr ag ymgynghoriad a oedd ar waith tan 10 Mawrth 2021. Nod dilyniannu clystyrau diwydiannol yw bodloni uchelgais llywodraeth y DU i fod â dau glwstwr ar waith erbyn canol y 2020au, a dau arall erbyn 2030, er bod y ddogfen yn nodi y bydd angen i bob clwstwr ddatgarboneiddio. Ni chafodd De Cymru ei ystyried yn rhan o'r clystyrau diwydiannol allweddol ar gyfer Trac 1, ac rydym yn parhau i gredu ei bod hi'n bwysig bod Llywodraeth Cymru'n cymryd y camau angenrheidiol i sicrhau bod anghenion Cymru am CCUS yn y dyfodol yn cael eu cydnabod yn rhan o'r broses Trac 2. Fodd bynnag, mae Gogledd Cymru'n hanfodol i brosiect HyNet Gogledd-orllewin Lloegr, gyda phiblinell CO₂ ar draws i Gei Connah wedi'i threfnu ar gyfer Cam 1 (2025) a chynlluniau ar gyfer piblinell hydrogen yn ystod Cam 3 (2030 ymlaen). Erbyn hyn mae HyNet wedi'i ddewis fel un o glystyrau Trac 1, felly ystyrir bod hyn yn rhywbeth cadarnhaol ar gyfer safleoedd yng Ngogledd Cymru.
10. Mae'r gwaith modelu sensitifrwydd yn yr adroddiad hwn yn dal i ddangos mai llwybr piblinell gwasgedd uchel ar y tir ar draws De Cymru o Aberdaugleddau i Gasnewydd, ac yna ar draws Lloegr i leoliad fel Immingham, yw'r opsiwn rhataf fesul tonnell o CO₂ i safleoedd yn Ne Cymru. Mae hyn yn unol â'r dadansoddiad a gyhoeddwyd yn astudiaeth costau cludo ar longau BEIS yn 2018², er bod y gwerthoedd cyffredinol a nodir yn y dadansoddiad

o sensitifrwydd hwn yn uwch nag astudiaeth BEIS. Mae'r rhesymau dros y gwahaniaeth hwn yn cael eu hegluro yn y Prif Adroddiad. Fodd bynnag, mae'n rhaid cadw'r ffactorau canlynol mewn cof wrth ystyried goblygiadau'r casgliad hwn:

- Byddai adeiladu piblinell ar draws De Cymru'n croesi sawl ardal o sensitifrwydd amgylcheddol.
- Mae pellteroedd piblinell wedi cael eu hamcangyfrif "fel hed y fran". Y realiti ar gyfer unrhyw lwybr piblinell yw y byddai angen i bellteroedd hirach osgoi canolfannau poblogaeth, croesfannau mawr, ardaloedd sy'n sensitif yn amgylcheddol a thirwedd anodd.
- Nid yw cael caniatâd cynllunio angenrheidiol ar gyfer piblinell pellter hir yn hawdd, a chan y byddai'r llwybr piblinell hwn yn croesi ffiniau gwlad, sir ac awdurdod lleol, gellid disgwyl oedi sylweddol o ran sicrhau caniatâd cynllunio. Hefyd, fel sy'n wir bob amser am brosiectau seilwaith mawr fel hyn, gellir disgwyl gwrthwynebiad lleol, ac mae'n debygol y bydd nifer o gyrrff anllwywodraethol (NGO) yn rhan o'r gwrthwynebiad i lwybr piblinell.
- Mae opsiwn piblinell yn cyfyngu ar hyblygrwydd i Lywodraeth Cymru, ac allyrwyr yng Nghymru. Mae gan uno Cymru'n rhan o un lleoliad storio CO₂ oblygiadau andwyol masnachol, ac nid yw opsiwn piblinell yn darparu ar gyfer israddio wrth i'r galw am allyrrydd CO₂ ostwng yn y dyfodol. Byddai angen meintio'r biblinell o'r diwrnod cyntaf ar gyfer yr uchafswm capasiti a ragwelir ar gyfer Cymru, ac mae hynny'n cyflwyno'r risg i berchennog y piblinell (T&SCo) y gallai fod ag

ased sy'n rhy fawr neu sy'n ddiangen ar ryw bwynt.

- e. Fodd bynnag, mae hefyd yn wir y gallai adeiladu piblinell o'r fath fod yn ddeniadol i allyrwyr eraill yng Nghanolbarth neu Dde-orllewin Lloegr all fod yn agos i lwybr y biblinell, ac a fyddai'n awyddus i fanteisio ar yr opsiwn trafnidiaeth a ddarperir gan y biblinell. Gallai hyn olygu bod opsiwn piblinell yn fwy deniadol i T&SCo
- f. Byddai ail-leoli rhan De Cymru'r biblinell drwy lwybr alltraeth (morol) yn ychwanegu oddeutu £5 fesul tunnell at gost yr opsiwn allforio piblinell.

11. Yn dibynnu ar leoliad yr allyrrydd, a graddfa'r allyriadau, mae'r model diwygiedig yn rhagweld y byddai'r opsiwn o gludo CO₂ gyda llong i leoliad storio addas rhwng £100 a £360 fesul tunnell gan gynnwys casglu. Disgwylir i'r costau cludo fod rhwng £5 a £34 fesul tunnell yn fwy drud na'r opsiwn piblinell cyfwerth. Er bod yr opsiwn cludo CO₂ gyda llong ychydig yn ddrytach yn ôl yr amcangyfrif, hyd yn oed wrth gynnwys yr achosion sensitifrwydd, byddai'n rhoi llawer mwy o hyblygrwydd i Lywodraeth Cymru, o ran uwchraddio ac israddio posibl yn y dyfodol. Fodd bynnag, mae'r opsiwn cludo'n cynnwys llawer o heriau, y bydd angen eu datrys, gan gynnwys:

- a. Creu capasiti hylifiad a storio yn hybiau porthladdoedd. Bydd hefyd angen ystyried materion perchnogaeth, caniatâd a mynediad tir ymhellach. Mae'r cynnydd yn y maint storio a gyflwynwyd yn yr achos sensitifrwydd yn gwaethygu'r mater hwn.
- b. Llwybrau'r piblinellau CO₂ o'r allyrwyr i'r porthladd.

- c. Y symudiadau llongau ychwanegol fyddai eu hangen ym mhob porthladd. Yn dibynnu ar faint y llong, y cyfansymiau CO₂ sy'n cael eu hallforio o'r hwb, y lleoliad storio, ac argaeledd y llongau, gall hyn fod yn sylweddol. Hyd yn oed yn yr achos sensitifrwydd argaeledd asedau mae nifer symudiadau llongau'n amrywio o 120 gwaith y flwyddyn yn yr hwb lleiaf (Y Barri) i 260 y flwyddyn yn yr hwb mwyaf (Aberdaugleddau). Mae'r rhain yn niferoedd sylweddol o ymweliadau ychwanegol a gallent gael effaith andwyol ar fynediad porthladd/angori, llygredd lleol (allyriadau llongau), twristiaeth, pysgota a defnydd cymdeithasol/cymunedol lleol o borthladd. Mae'n debygol y byddai angen cefnogaeth carthu a thaliadau llywio hefyd i sicrhau llywio diogel. Nid yw costau ac effeithiau newidiadau o'r fath ar yr ardal leol wedi cael eu cynnwys yn y model hyd yma, ond bydd angen mynd i'r afael â nhw. Fodd bynnag, bydd manteision ynghlwm wrth ffioedd angori/llywio a mwy o gyfleoedd am waith yn lleol wrth ddatblygu'r seilwaith porthladd i ddarparu cyfleuster allforio CO₂.

12. Roedd adborth rhanddeiliaid yn cadarnhau'r angen i Lywodraeth Cymru barhau i gydnabod bod pencadlysoedd llawer o brif allyrwyr Cymru wedi'u lleoli y tu allan i Brydain Fawr. Byddai unrhyw gostau ychwanegol i is-gwmnïau yng Nghymru yn gallu eu gwneud nhw'n anghystadleuol, ym marn y rhiant gwmni, gan gynyddu'r risg o allyriadau alltraeth o ganlyniad.

13. Mae'r dadansoddiad o sensitifrwydd yn rhagweld y byddai angen i feintiau plotiau ar gyfer storio canolradd yn y

porthladdoedd gynyddu'n sylweddol
ym mhob lleoliad, sef 68% fel arfer.

1.2 Argymhellion



1. Gan mai'r opsiwn o allforio CO₂ ar long sy'n ymddangos yn strategaeth orau i Dde Cymru, mae'n bwysig bod yr ymagwedd hon yn cael ei hadlewyrchu ym meddylfryd BEIS ar gyfer modelau busnes CCUS. Felly, dylai Llywodraeth Cymru barhau i ymgysylltu â BEIS i sicrhau bod y gwaith sy'n mynd rhagddo ar hyn o bryd o ran datblygu model Cludo heb Biblinell (NPT) ar gyfer allforio CO₂ yn adlewyrchu anghenion Cymru yn y dyfodol.
2. Nid oedd De Cymru'n cael ei ystyried o fewn dewis BEIS ar gyfer Trac 1 y rhaglen ddilysniannu clwstwr CCUS gan fod yn rhaid i'r safleoedd Trac 1, yn ôl diffiniad BEIS, fod â storfa CO₂. Dylai Llywodraeth Cymru barhau i ymgysylltu â BEIS ar y mater hwn a sefydlu sut gallai De Cymru fod yn llwyddiannus wrth gyflwyno ar gyfer prosiect Trac 2.
3. Er mwyn cyflawni uchelgeisiau sero net Llywodraeth Cymru, bydd angen llawer o ddatrysiadau, ac mae angen i Lywodraeth Cymru gydnabod y gallai arloesedd parhaus ddatblygu datrysiadau newydd i ddatgarboneiddio a fyddai'n effeithio ar yr anghenion cyffredinol ar gyfer storio CO₂. Mae'n bwysig bod pob datrysiad yn cael ei ystyried mewn ffordd holistaidd, ac nid ydynt yn cystadlu. Felly, dylai Llywodraeth Cymru sicrhau bod ei chynlluniau gweithredu ar newid hinsawdd yn ddigon hyblyg i alluogi'r datblygiad o ystod o ddatrysiadau. Mae hyn yn benodol bwysig yn ystod y camau cyflwyno cynnar, lle dylid annog arloesedd o ran datgarboneiddio, a gwydnwch yn y cynllun. Yn y cyddestun hwn, mae'n bwysig ystyried CCUS yn rhan o becyn o ddatrysiadau, sydd hefyd yn cynnwys opsiynau megis effeithlonrwydd ynni, hydrogen, biodanwyddau a ffynonellau trydan adnewyddadwy.
4. Roedd ymgysylltiad DNV gyda'r storfeydd CO₂ sydd wedi'u cynllunio ar hyn o bryd yn nodi bod capasiti eisoes yn cael ei archebu gan allyrwyr diwydiannol, a llywodraethau mewn rhai achosion. Er ei bod hi'n annhebygol y byddai Llywodraeth Cymru yn gyfrifol am argaeledd storio allyrwyr yng Nghymru, (T&SCo ddylai fod yn gyfrifol am hynny), rydym yn argymhell y dylai Llywodraeth Cymru ymgysylltu gyda'r storfeydd sydd wedi'u cynllunio ar hyn o bryd i sicrhau cytundebau mewn egwyddor ar gyfer capasiti storio sy'n addas ar gyfer anghenion allforio CO₂ posibl allyrwyr Cymru. Mae hyn yn dod yn bwysicach i Gymru wrth i uchelgeisiau storio gwledydd yr UE ddod yn gliriach, ac wrth i storfeydd y DU ddod yn gyrchfannau tebygol ar gyfer CO₂ o wledydd yr UE hefyd.
5. Mae allforio CO₂ gyda llongau yn parhau i fod yn hanfodol er mwyn cyflawni rhwydwaith CCUS

llwyddiannus yng Nghymru. Felly, rydym yn argymhell bod Llywodraeth Cymru'n pennu gweithgor CCUS gyda'r porthladdoedd a gweithredwyr terfynfeydd storio yn Ne Cymru i ddechrau'r gwaith cynllunio angenrheidiol i sicrhau capasiti yn y porthladdoedd ar gyfer y cyfleusterau hylifiad a storio CO₂ angenrheidiol, yn ogystal â threfniadau docio ac anghenion capasiti mordwyo.

6. Yn dilyn cyhoeddiad BEIS ynghylch clystyrau diwydiannol cyntaf Trac 1, dylai Llywodraeth Cymru barhau i ymgysylltu â'r prosiect HyNet yng Ngogledd-orllewin Lloegr i sicrhau capasiti digonol yn y prosiect i fodloni anghenion allyrwyr CO₂ yng Ngogledd Cymru.
7. Dylai Llywodraeth Cymru ddechrau ar raglen waith ragweithiol i ddatblygu'r sgiliau angenrheidiol a'r gallu cadwyn gyflenwi yng Nghymru ar gyfer prosiectau CCUS. Bydd y galw am sgiliau sy'n gysylltiedig â datblygiadau CCUS yn cyrraedd o fewn yr un amserlen â nifer o raglenni datgarboneiddio sy'n cystadlu yng ngweddill y DU ac Ewrop, a bydd offer ac adnoddau dynol yn cael eu hymestyn. Mae hyn yn arbennig o wir pan ystyrir y galw am adnoddau ar gyfer gweithgareddau mewn sectorau cyfagos ond perthnasol fel hydrogen, rhwydweithiau nwy, rhwydweithiau trydan a chynhyrchu pŵer adnewyddadwy hefyd.
8. Gan y bydd pob datrysiad CCUS yn gofyn am ddatblygu seilwaith piblinellau lleol o'r allyrwyr i'r hybiau allforio, mae'n bwysig bod

Llywodraeth Cymru'n parhau i adeiladu ar y gwaith sydd eisoes wedi'i wneud i sicrhau bod cynllunio a systemau caniatáu'n cael eu halinio ar gyfer datblygiadau carbon isel megis CCUS, i atal tagfeydd posibl yn y broses weithredu.

9. Gan fod canfyddiad y cyhoedd yn allweddol i weithrediad llwyddiannus rhaglenni seilwaith megis CCUS, rydym yn argymhell bod Llywodraeth Cymru'n dechrau ar raglen gyfathrebu ragweithiol i adeiladu cefnogaeth ar gyfer datblygiad CCUS. Byddem yn argymhell canolbwyntio hyn i ddechrau mewn ardaloedd diwydiannol a phorthladdoedd ledled Cymru lle mae gan weithrediad datrysiadau CCUS y potensial i amddiffyn swyddi a chreu manteision cyflogaeth newydd a sylweddol. Fodd bynnag, mae'r mater o storio CO₂ hefyd yn gofyn am bersbectif tymor hir, felly bydd hi'n bwysig cydnabod hyn wrth ystyried lles cenedlaethau'r dyfodol.

2 CYFLWYNIAD

I gael rhagor o fanylion am y prosiect cyffredinol, anogir y sawl sy'n darllen i gyfeirio at y Prif Adroddiad. Mae'r adran hon yn crynhoi prif elfennau'r prosiect er mwyn sicrhau parhad ar gyfer yr astudiaethau sensitifrwydd.

2.1 Cefndir y prosiect cyffredinol

Mae'r ddadl ar ddatgarboneiddio'n symud yn gyflym. Ym mis Tachwedd 2020, cyflwynodd Llywodraeth y DU ei Chynllun Deg Pwynt³ ar gyfer Chwyldro Diwydiannol Gwyrdd; a'i Phapur Gwyn Ynni⁴. Mae'r ddwy ddogfen yn amlygu

³ Cynllun Deg Pwynt ar gyfer Chwyldro Diwydiannol Gwyrdd
<https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution>

ons/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution
⁴ Papur Gwyn Ynni: Pweru ein Dyfodol Sero Net BEIS, 14 Rhagfyr 2020.

pwysigrwydd CCUS o ran cyflawni Sero Net. Rhyddhaodd y CCC ei chweched fersiwn o gyngor cyllidebau carbon⁵ ym mis Rhagfyr 2020, a oedd yn argymhell targed i leihau allyriadau gwladol y DU gan o leiaf 78% erbyn 2035. Mae Llywodraeth Cymru hefyd wedi cyhoeddi llwybr hydrogen at sero net ar gyfer ymgynghori⁶.

Cyflwynodd y CCC ei Adroddiad Cyngor – Llwybr at Gymru Sero Net ym mis Rhagfyr 2020⁷. Argymhellir targed sero net ar gyfer 2050, gyda'r targedau ymestyn canlynol ar y llwybr at Gymru Sero Net:

- Rhaid i Ail Gyllideb Carbon Cymru (2021-2025) fod yn fwy llym ac

alinio â lleihad o 37% o'i gymharu â lefelau 1990 fel isafswm er mwyn gwneud yn iawn am gau gorsaf bŵer Aberddawan (fel y'i nodir yn y cyngor a roddwyd yn 2017). Bydd angen i allyriadau leihau'n gyflymach na hyn er mwyn bodloni'r Drydedd Gyllideb Carbon.

- Dylid gosod y Drydedd Gyllideb Carbon (2026-2030) ar gyfartaledd o leihad o 58% o'i gymharu â lefelau 1990.
- Dylid gosod targedau dros dro ar gyfer 2030 a 2040 ar y Llwybr Cytbwys at Sero Net ar 63% ac 89% o'u cymharu â lefelau 1990.



⁵ Chweched Gyllideb Carbon y Pwyllgor ar Newid Hinsawdd, Rhagfyr 2020

⁶ https://llyw.cymru/datblygur-sector-ynni-hydrogen-yng-nghymru?_ga=2.162553791.2052603172.16

49055583-1537524428.1643270632

⁷ Adroddiad Cyngor y Pwyllgor ar Newid Hinsawdd - Y Llwybr at Gymru Sero Net, Rhagfyr 2020

2.2 Rôl Casglu, Defnyddio a Storio Carbon yng Nghymru

Gallai CCUS chwarae rôl gynyddol bwysig o ran symud o uchelgais ynglŷn â'r hinsawdd i weithredu ar y newid yn yr hinsawdd yng Nghymru. Adlewyrchir hyn yn yr amrywiaeth o adroddiadau sydd eisoes wedi'u cyhoeddi sy'n amlinellu'r cyfraniad cryf sydd ei angen gan CCUS yng Nghymru.

Mae gan CCUS y potensial i alluogi'r gwaith o ddatgarboneiddio llawer o rannau o'r economi yng Nghymru gan gynnwys diwydiant, cynhyrchu pŵer, gwres a thrafnidiaeth. Gall leihau'n sylweddol allyriadau sy'n deillio o hylosgi tanwyddau ffosil neu helpu i gynhyrchu hydrogen carbon isel o ddiwygio methan. Fodd bynnag, mae'n bwysig bod Llywodraeth Cymru'n cydbwysu'r uchelgais ar gyfer CCUS, a'r buddsoddiadau cysylltiedig fyddai eu hangen, yn erbyn y risgiau o gefnogi datblygiad asedau a allai ddod yn ddiangen yn nes ymlaen. Gallai hyn ddigwydd pe byddai diwydiant yn dewis datrysiadau amgen (megis hydrogen neu drydaneiddio) a allai olygu na fyddai angen datblygu datrysiadau CCUS ar yr un raddfa. Mae'r un mor bwysig ystyried y rhyngweithio rhwng CCUS, hydrogen (a ffurfiau amgen megis amonia, methanol, neu gludwyr hydrogen organig hylifol) a thrydaneiddio.

At ddibenion sgôp yr adroddiad hwn, diffinnir CCUS fel a ganlyn:

- Cyfres o dechnolegau yw casglu, defnyddio a storio carbon (CCUS) all alluogi'r broses o gasglu carbon deuocsid o nwyon gwastraff mewn cyfleusterau diwydiannol, cynhyrchu pŵer neu fasnachol er mwyn iddynt gael eu neilltuo'n barhaus mewn safleoedd storio daearegol alltraeth (casglu a storio carbon - CCS), neu eu hailddefnyddio mewn prosesau diwydiannol (casglu a defnyddio carbon - CCUS).
- Mae prif ffocws yr adroddiad hwn yn ymwneud ag allyriadau CO₂ o allyrwyr diwydiannol, cynhyrchu pŵer a masnachol mawr. Nid yw'n mynd i'r afael â phob math o allyriadau, er enghraifft methan o amaethyddiaeth neu ddiwydiant, neu CO₂ o drafnidiaeth neu ffynonellau domestig.

2.3 Amcanion Allweddol CCUS yng Nghymru

Mae Llywodraeth Cymru wedi bod yn gweithio gyda'r CCC a Llywodraeth y DU i bennu beth fyddai dyhead Sero Net yn ei olygu i Gymru a'i heconomi. Mae angen i'r penderfyniad hwn gadw mewn cof, er y gallai Gogledd Cymru gael mynediad i'r clwstwr HyNet, nid oes gan Dde Cymru, lle mae llawer o ddiwydiant trwm y wlad wedi'i leoli, gymaint o gyfleoedd i storio CO₂ yn lleol na rhai ardaloedd diwydiannol eraill y DU.





Yn ei Adroddiad Cyngor i Lywodraeth Cymru ym mis Rhagfyr 2020, argymhellodd y Pwyllgor ar Newid Hinsawdd (CCC) y dylai Llywodraeth Cymru osod targed Sero Net ar gyfer 2050. Ym mis Mawrth 2021, deddfodd y

Senedd am darged sero net 2050, ochr yn ochr â thargedau dros dro ar gyfer 2030 (63%) a 2040 (89%), a chyllidebau carbon cyfatebol gydol degawd 2020.



Mae'r prosiect hwn hefyd wedi cyferbynnu â'r uchelgais o raglen ddatgarboneiddio gyflymach gydag uchelgeisiau eraill Llywodraeth Cymru megis:

- Deddf Llesiant Cenedlaethau'r Dyfodol (Cymru) (2015)⁸ sy'n cynnwys saith o dargedau i wella llesiant cymdeithasol, economaidd, amgylcheddol a diwylliannol Cymru.
- Cymru Sero Net: Cyllideb Garbon 2 (2021-25)⁹ - cyhoeddiad sy'n amlinellu polisiau a chynigion ar gyfer cyflawni'r ail gyllideb garbon. Mae'r cyhoeddiad hwn yn atgyfnerthu angenrheidrwydd CCUS o ran cyflawni targedau sero net. Bydd y cyfnod hwn yn y gyllideb garbon yn cynnwys rhagor o waith gyda rhanddeiliaid i ddeall mwy ar rôl bosibl CCUS.

Mae'r Prif Adroddiad yn amlinellu sut gallai CCUS helpu Cymru i fwrw'r targed sero net. Mae'n ystyried ystod o lefelau defnydd CCUS gwahanol i fodelu ystod o

lwybrau datgarboneiddio fydd yn eu tro'n gyrru anghenion technoleg amrywiol, allforio CO₂ ac opsiynau defnydd a chostau cysylltiedig. Mae'n archwilio ac yn adeiladu ar fentrau eraill yng Nghymru ac yn agos i Gymru, megis "Clwstwr Diwydiannol De Cymru (SWIC)", y consortiwm ymchwil FLEXIS, amcanion datgarboneiddio Bwrdd Uchelgais Economaidd Gogledd Cymru, a'r prosiect HyNet cyfagos. Fodd bynnag, mae'r prosiect hefyd wedi archwilio'r gwersi i'w dysgu yng Nghymru o brosiectau perthnasol eraill megis Northern Lights yn Norwy i archwilio'r broses o gasglu a chludo CO₂ ar longau, prosiect Sero Net Teeside i archwilio datgarboneiddio manwl o glwstwr diwydiannol, a'r prosiect Greensand yn Denmarc i arfarnu datrysiadau storio is-arwyneb CO₂.

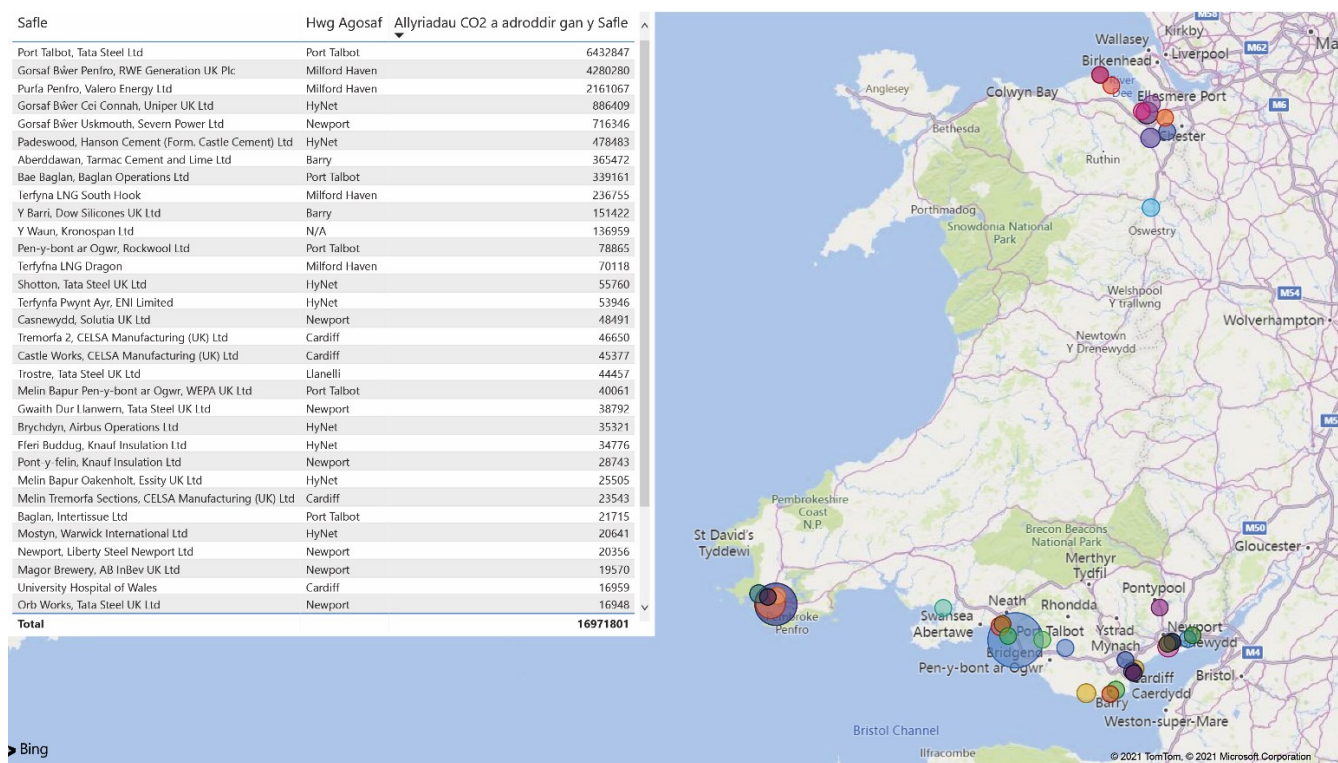
Cafodd map o allyriadau CO₂ yng Nghymru ei greu gan ddefnyddio adnodd Microsoft PowerBI ar sail data allyriadau Cyfoeth Naturiol Cymru, ac mae ar gael i'w weld isod yn **Ffigur 2-1**. Defnyddiwyd data o 2019, y data diweddaraf sydd ar gael, ar gyfer creu'r map. Ni ddisgwylir y bydd y data allyriadau ar gyfer 2020 yn cael ei gyhoeddi tan fis Mehefin 2022.

Nodir amserlen amlinellol ar gyfer gweithredu CCUS yn **Ffigur 2-2**.

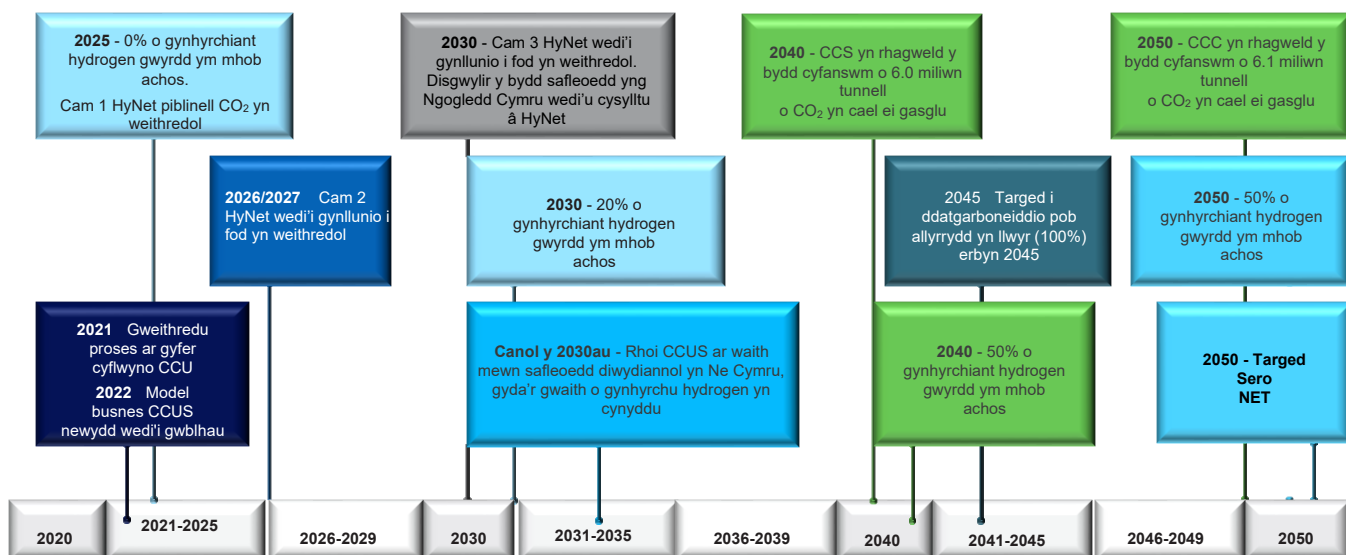
Mae rhestr o'r dogfennau allweddol a adolygwyd fel rhan o'r astudiaeth hon yn Atodiad A y Prif Adroddiad.

⁸ Mae Llywodraeth Cymru wedi cyhoeddi Canllawiau i'r ddeddfwriaeth hon gan y DU: https://llyw.cymru/llesiant-cenedlaethaur-dyfodol-canllawiau?_ga=2.167155773.2052603172.1649055583-1537524428.1643270632

⁹ Cymru Sero Net - Cyllideb Garbon 2 (2021-2025) <https://gov.wales/sites/default/files/publications/2021-10/net-zero-wales-carbon-budget-2-2021-25.pdf>



Ffigur 2-1 Map Allyriadau CO₂ o Gymru (Data 2019 Tunelli CO₂ fesul Blwyddyn)



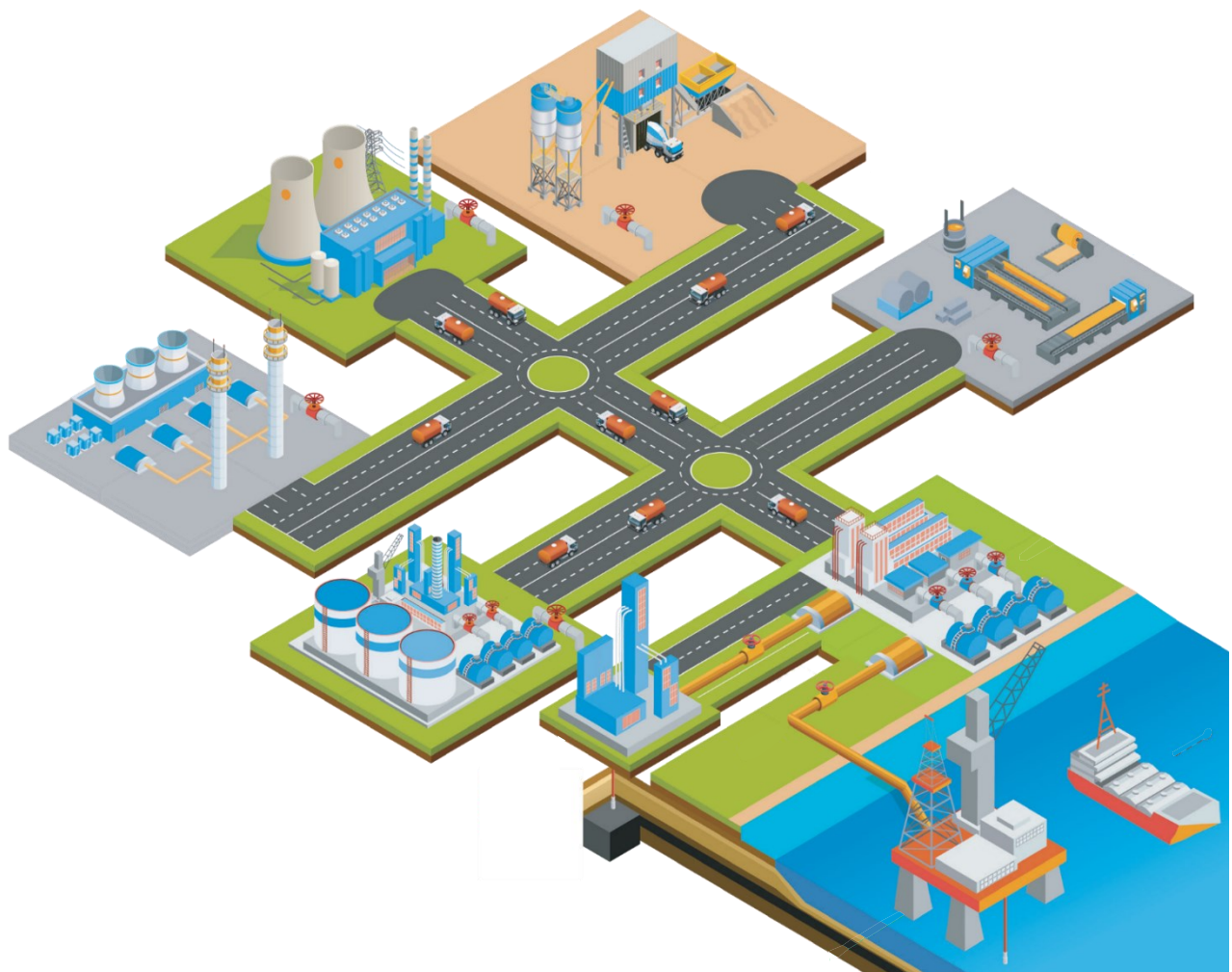
Ffigur 2-2 Amserlen CCUS yng Nghymru

3 OPSIYNAU AR GYFER CCUS YNG NGHYMRU

3.1 Casglu, cludo a storio

Mae manylion technegol sy'n gysylltiedig â phriodweddau CO₂, technolegau casglu, prosesu, trin a storio CO₂ yn bwysig wrth ystyried yr opsiynau ar gyfer CCUS. Mae'r rhain wedi'u crynhoi yn y Prif Adroddiad.

Mae **Ffigur 3-1** yn dangos opsiynau ar gyfer cynhyrchu, casglu, cludo a storio CO₂ ar ffurf sgematig, o blith amrywiaeth o wahanol ffynonellau diwydiannol, gan gynnwys cynhyrchu pŵer, sment a gweithgynhyrchu. Mae opsiynau trafndiaeth yn cynnwys piblinell, ffyrdd a llongau.



Ffigur 3-1 Cynhyrchu, Casglu, Cludo a Storio Carbon Deuocsid ar Ffur Sgematig

3.2 Cludo CO₂

Roedd astudiaeth yn 2018¹⁰ ar gyfer BEIS yn edrych yn fanwl ar gludo CO₂. Roedd yr adroddiad yn awgrymu mai dim ond os yw'r CO₂ ar ffurf hylif neu gyflwr dwys dan wasgedd uchel y mae cludo cyfansymiau mawr o CO₂ dros bellteroedd hir drwy biblinell neu long yn ddeniadol.

Ceir crynodeb o'r dulliau cludo, opsiynau a'r prosesu CO₂ sydd ei angen yn **Tabl 3-1**.



Dull Cludo	Opsiynau	Prosesu CO ₂ gofynnol
Piblinell	Nwy gwasgedd isel – cost isel i rwydweithiau CO₂ lleol a ddim yn golygu llawer o drin. Gall fwydo i system gwasgedd uchel fydd yn golygu rhagor o brosesu. Nwy gwasgedd uchel – angen rhagor o driniaeth llym a lefelau sychu yn ogystal â chywasgiad. Hylif – lefelau trin uchaf a chostau ynni ar gyfer cywasgiad ac oeri ar gyfer hylifiad. Gellid cyflawni hyn drwy hen biblinellau wedi'u hadnewyddu.	Sychu Gwaredu amhuredau Mesuryddion Cywasgiad Hylifiad
Ar ffurf swmpus ar ffyrdd, rheilffyrdd neu'r môr	Nwy cywasgedig, gwasgedd isel, gwasgedd canolig neu wasgedd uchel. CO₂ ar ffurf hylif	Cywasgiad, manau llwytho a storio lleol Cludo ar longau'n gofyn am gyfleusterau oeri, hylifiad, storio a llwytho (dwysedd storio'n rhy isel i'w gludo fel nwy)
Arall	Wedi'i arsugno i solet cludadwy ac adnewyddadwy Wedi'i amsugno mewn cludwr hylif adnewyddadwy Fel CO₂ solet	Cyfleusterau arsugno, amsugno ac adnewyddu'r cludwr solet Trin llwytho/dadlwytho arbenigol

Tabl 3-1 Crynodeb o opsiynau cludo CO₂

¹⁰ 'Cludo CO₂ – Astudiaeth Amcangyfrif Costau'r DU', Adroddiad gan Element Energy ar gyfer yr Adran Busnes, Ynni a Strategaethau Diwydiannol Tachwedd 2018
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attach_data/file761762/BEIS_Shipping_CO2.pdf

Sylwch y gallai tabl 3-2 yn yr adroddiad beri dryswch gan ei fod yn awgrymu bod carbon deuocsid yn bodoli yn y cyflyrau hylif a nwy ar y tymereddau a'r gwasgeddau a nodir, ond nid yw hynny'n hollol wir.

3.3 Seilwaith Porthladdoedd Presennol yn Ne Cymru

Ceir crynodeb o'r seilwaith porthladdoedd presennol yn Ne Cymru yn

Tabl 3-2.

Porthladd	Uchafswm Maint y Llong L x B x D	Uchafswm Dwt y Llong	Arwynebedd y Doc	Agosrwydd i'r dref	Nodiadau
Unedau	m	tunnell	erw		
Casnewydd	244 x 30.1 x 10.4 (De'r Doc)	40,000	685	1 km+	Uskmouth B, safle cemegol a gwaith dur gyferbyn â'r dociau ar Afon Wysg Sment, dur a mwyn/glo yn cael eu trin yno ar hyn o bryd
Caerdydd	198 x 27 x 10	35,000	852	100-200 m	Yn cynnwys terfynfa llwythi hylif swmpus a depo storio olew. Gyferbyn â safle SMR 1-2km o waith dur Caerdydd
Y Barri	178 x 19.2 x 9	23000	531	400 m (Doc 2)	Ar hyn o bryd yn trin cemegion ar ffurf hylif. Safleoedd cemegol wrth ymyl y doc
Port Talbot	300 x * x 16.5 Basn Llanw *trawst digyfyngiad	170,000	845	1 km+ Basn Llanw	Glo golosg a mwynau. Ger gwaith dur Port Talbot
Abertawe	200 x 26 x 10	30000	521	400 m	Trin sment, mwynau, llwythi amaethyddol, agregau a thywod wedi'i garthu Tir datblygu ar gael ar gyfer y diwydiant gwynt alltraeth
Llanelli	Nid yw'n cael ei ddefnyddio'n fasnachol mwyach				
Aberdaugledda u	17m drafft	Gallu delio â llongau hyd at faint Panamax	Gallu delio â llongau hyd at faint Panamax	-	Yn gwasanaethu purfa, terfynfa olew, LNG South Hook a Dragon gyda glanfeydd pwrpasol. Hefyd yn cynnwys Porthladd Penfro ac mae'n agos at Orsaf Bŵer Sir Benfro

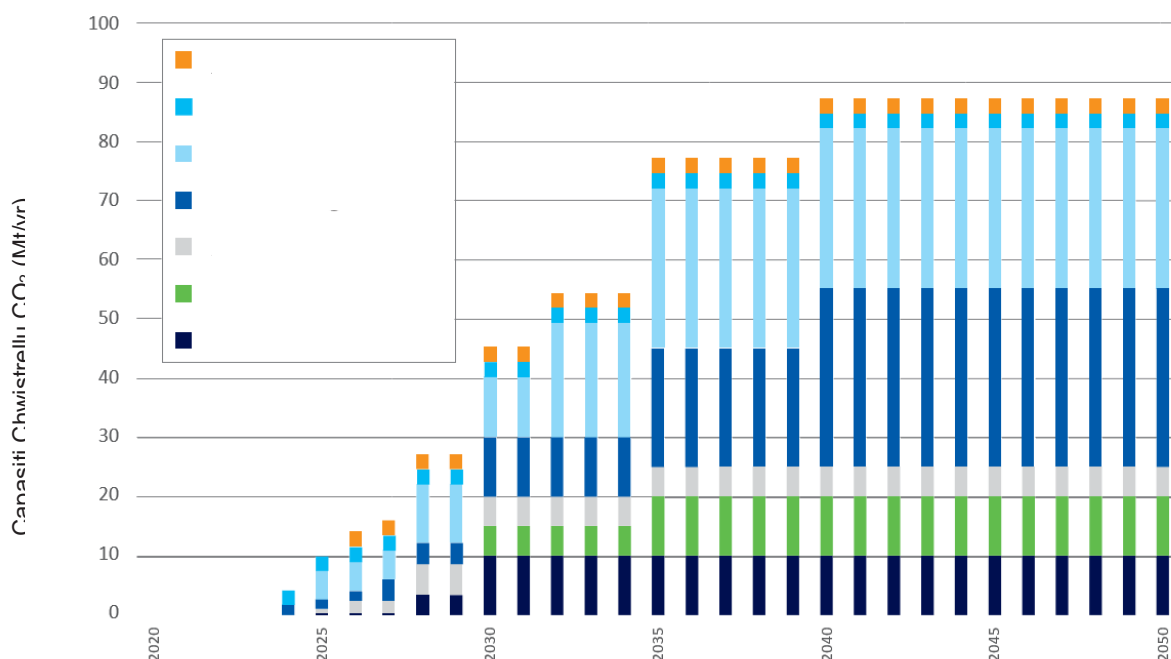
Tabl 3-2 Seilwaith Porthladdoedd Presennol yn Ne Cymru

3.4 Opsiynau Allforio CO₂ ac Amserlenni

Mae'r Prif Adroddiad yn cynnwys manylion y lleoliadau allforio CO₂ a gafodd eu hystyried ar gyfer y prosiect hwn.

Mae'r amserlenni a gyhoeddwyd gan y gwahanol gonsortia sy'n datblygu prosiectau storio CO₂ wedi cael eu cyfuno yn **Ffigur 3-2** i roi syniad o'r capasiti chwistrellu CO₂ posibl sydd ar gael hyd at 2050.

CO₂ STORAGE PROJECTS CAPACITY TIMELINE

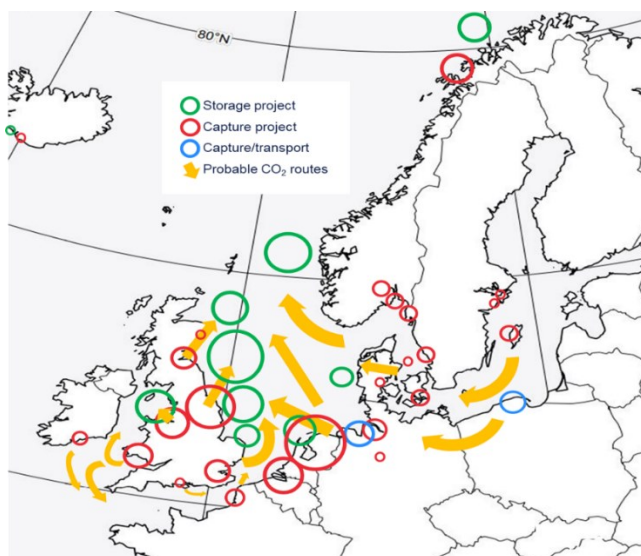


Ffigur 3-2 Yr Amserlenni a'r Capasiti Cyfunol ar gyfer Prosiectau CCS Arfaethedig a Allai fod yn Addas ar gyfer Cymru

Bydd penderfynu a fydd y capasiti hwn yn cael ei ddatblygu yn unol â'r amserlenni a nodir yn dibynnu ar gyllid ac ar ddatblygu cyflenwadau o CO₂ a gesglir sy'n cyfateb i'r cyfraddau chwistrellu gwirioneddol a ganiateir.

Un eitem bwysig i Lywodraeth Cymru ei nodi. O ran y capasiti storio sydd ar gael, mae nifer o'r storfeydd CO₂ yn y DU yn debygol o ddod yn gyrchfannau mewnforio ar gyfer CO₂ o wledydd yr UE. Mae nifer sylweddol o brosiectau'r UE yn cael eu cynnal mewn gwledydd lle nad oes storfeydd CO₂ addas ar gael neu lle nad yw rheoliadau'n caniatáu hynny. Mae dadansoddiad mewnol gan DNV yn

cymharu'r capasiti storio sydd ar gael ac mae'r galw tebygol yn awgrymu y bydd y galw gan yr UE erbyn 2030 yn fwy na'r capasiti storio gan ffactor sy'n fwy na 3. Felly, bydd yn bwysig i allyrwyr yn Ne Cymru bod Llywodraeth Cymru'n ymgysylltu â gweithredwyr storfeydd arfaethedig i sicrhau cytundebau mewn egwyddor ar gyfer capasiti storio sy'n cyfateb i anghenion allforio CO₂ posibl Cymru. Gweler **Ffigur 3-3** am ddarlun o'r mater.



Capasiti chwistrellu storio CO₂
blynyddol yr UE (2030)

22 Mt

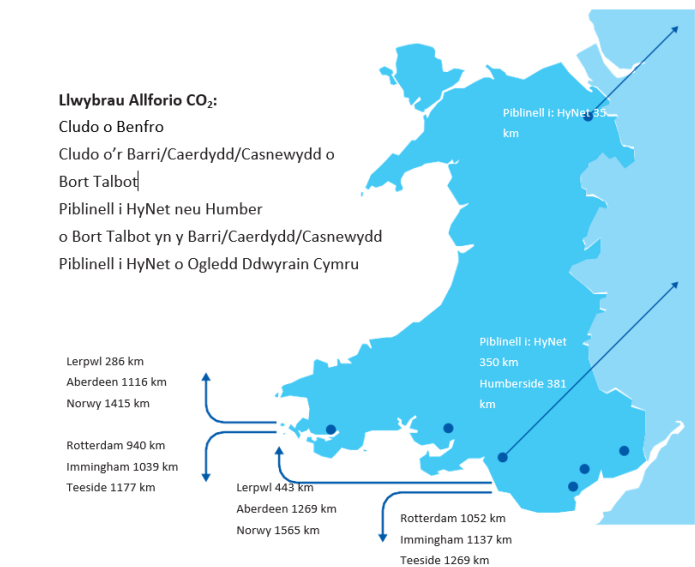
Galw casglu CO₂ blynyddol yr UE (2030)

78 Mt

Ffigur 3-3 Cymharu Capasiti Chwistrellu CO₂ yr UE â'r Galw Casglu CO₂ yn yr UE

4 CANLYNIADAU MODELU SENSITIFRWYDD

Mae crynodeb o'r llwybrau posibl a'r pellteroedd i'r hybiau chwistrellu CO₂ hyn i'w weld yn **Ffigur 4-1**. Ceir crynodeb ategol o bellteroedd teithio a'r amseroedd teithio unffordd yn **Tabl 4-1** gan ddefnyddio'r amser hwyllo diwygiedig yn yr achos sensitifrwydd (13 not yn hytrach na'r 15 not a ddefnyddiwyd yn y Prif adroddiad). Mae'r pellteroedd teithio¹¹ yn fras a bydd cylch y daith gyfan yn golygu bod angen amser ychwanegol i fachu yn y porthladd, llwytho a dadlwytho'r cargo a theithio a symud i mewn ac allan o'r porthladd.



Ffigur 4-1 Crynodeb o'r Opsiynau a'r Llwybrau ar gyfer CCS o Gymru

Cyrchfan	Casnewydd		Port Talbot		Aberdaugleddau	
	Milltiroedd Môr	Amser teithio unffordd ar gyflymder o 13 not (oriau)	Milltiroedd Môr	Amser teithio unffordd ar gyflymder o 13 not (oriau)	Milltiroedd Môr	Amser teithio unffordd ar gyflymder o 13 not (oriau)
Lerpwl (HyNet)	240	18.4	217	16.6	155	11.9
Rotterdam (Porthos)	570	43.7	547	42.0	507	38.9
Immingham (N. Endurance)	616	47.3	593	45.5	563	43.2
Teesside (N. Endurance)	688	52.8	665	51.0	636	48.8
St Fergus (Acorn)	688	52.8	665	51.0	603	46.3
Oygarden (Northern Lights)	848	65.1	825	63.3	763	58.5

Tabl 4-1 Crynodeb o Bellteroedd Mordaith ac Amseroedd Teithio Unffordd i Safleoedd CCS ar gyflymder o 13 Not

¹¹ Amcangyfrif o bellteroedd teithio gan ddefnyddio data o

<https://www.searates.com/services/distances-time/>

4.1 Senarios a Ddefnyddir yn yr Astudiaethau Sensitifrwydd

Mae'r Tabl isod yn crynhoi'r pedwar achos galw am CCS a ddatblygwyd yn ystod y prosiect gwreiddiol. Mae rhagor o fanylion yn y Prif Adroddiad.

Mae gwaith dur Port Talbot wedi cael ei nodi ar wahân ym mhob senario oherwydd maint ei allyriadau a sensitifrwydd cyfatebol y canlyniadau ar gyfer y strategaeth ar gyfer gwaith dur

Port Talbot yn y dyfodol. Nid oes unrhyw dybiaeth am y strategaeth ar gyfer y gwaith dur yn y dyfodol yn cael ei hawgrymu yn yr achosion hyn, a'r bwriad yn unig yw caniatáu i Lywodraeth Cymru ddeall effeithiau gwahanol opsiynau. Mae'r Prif Adroddiad yn cynnwys manylion yr amserlenni ar gyfer llwybrau datgarboneiddio i'r allyrwy'r amrywiol.

ACHOS CCS LLEIAF	ACHOS CCS CANOLIG	ACHOS CCS UCHEL	ACHOS CCS UCHAF
Dim ond y diwydiannau sydd angen CCUS ar gyfer datgarboneiddio prosesau sy'n ei ddefnyddio. Ni ragdybir y bydd CCUS yn cael ei roi ar waith mewn gorsafoedd pŵer. Tybir bod yr holl ddiwydiant arall yn datgarboneiddio drwy newid tanwydd neu drydaneiddio. Tybir bod unrhyw hydrogen sy'n cael ei ddefnyddio ar gyfer datgarboneiddio yn wyrdd neu wedi'i fewnforio. Tybir nad yw'r gwaith dur ym Mhort Talbot yn defnyddio CCUS.	Yn defnyddio'r achos CCS lleiaf a mwy: Mae diwydiannau eraill sy'n addas ar gyfer datgarboneiddio drwy CCUS (oherwydd y prosesau sydd ynghlwm a/neu eu hagosrwydd at ddefnyddwyr CCUS hanfodol) yn defnyddio CCUS. Mae pob proses cynhyrchu pŵer ar raddfa fawr (gan gynnwys biomas ac ynni o wastraff) yn cael ei ddatgarboneiddio drwy newid tanwydd i hydrogen a gynhyrchir yng Nghymru. Mae ffracsiwn "glas" yr hydrogen hwnnw'n gofyn am CCUS. Tybir nad yw'r gwaith dur ym Mhort Talbot yn defnyddio CCUS.	Yn defnyddio'r achos Canolig a mwy: Caiff Gwaith Dur Port Talbot ei drosi'n broses creu dur gydag arc drydan a hydrogen. Tybir bod hyn yn creu galw am CCUS (drwy hydrogen) o 25% o'r gwaith dur presennol hwnnw.	Yn defnyddio'r achos CCS Canolig a mwy: Caiff Gwaith Dur Port Talbot ei adnewyddu i weithredu gyda'r llwybr Ffwrnais Chwyth - Ffwrnais Ocsigen Sylfaenol cyffredin gyda datgarboneiddio drwy gyfuniad o CCUS, hydrogen a thrydaneiddio.

4.1.1 Gofynion allforio CO₂ ar gyfer pob senario casglu

Mae **Tabl 4-2** yn crynhoi'r galw disgwylidig ym mhob hwb o ran allforio CO₂ ar gyfer pob un o'r senarios. Sylwch fod y niferoedd hyn yn cynnwys y galw am allforio CO₂ sy'n deillio o gynhyrchu hydrogen glas yn y dyfodol, yn ogystal â'r hyn sy'n deillio o ddatgarboneiddio diwydiannol.

2040 CCS galw am Mt/a	Gogledd- ddwyrain Cymru (HyNet)	Aberdaugle ddau	Llanelli	Port Talbot	Y Barri	Caerdydd	Casnewydd	Cyfanswm y galw
Isafswm	0.5	1.8	0.01	0.01	0.4	0.1	0.04	2.8
Canolig	1.1	4.9	0.03	0.2	0.5	0.2	1.0	8.0
Uchel	1.1	4.9	0.03	1.2	0.5	0.2	1.0	8.9
Uchaf	1.1	4.9	0.03	5.9	0.5	0.2	1.0	13.6

Tabl 4-2 Y Galw am Allforio CO₂ a Ddisgwylir ym Mhob Hwb Allforio Posibl yng Nghymru

Mae Aberdaugleddau yn amlwg yn lleoliad allweddol ar gyfer seilwaith CCUS ym mhob senario, felly hefyd Gogledd-ddwyrain Cymru lle mae agosrwydd canolfan arfaethedig HyNet yn cynnig llwybr allforio cost isel ar gyfer CO₂ a gesglir.

Mae hybiau ar hyd gweddill arfordir De Cymru yn fwy cymhleth i'w hasesu. Mae gan Y Barri alw cymedrol am allforio CO₂ yn yr achos Lleiaf ac mae'r potensial ar gyfer cynhyrchu pŵer â chyfarpar CCUS yng Nghasnewydd yn cynyddu'r galw yn yr hwb hwnnw yn yr achos Canolig.

Mae Port Talbot hefyd yn fwy cymhleth. Heb y galw tybiedig o'r gwaith dur (a'i waith pŵer a phrosesu cysylltiedig), mae'r galw'n isel ac wedi'i gyfyngu i'r galw o orsaf cynhyrchu pŵer Baglan yn yr achos Canolig. Fodd bynnag, Port Talbot sy'n cynnig y porthladd mwyaf ar arfordir De Cymru ac mae ganddo'r posibilrwydd o dir datblygu lleol helaeth,

felly mae'n cynnig canolbwynt allforio deniadol serch hynny.

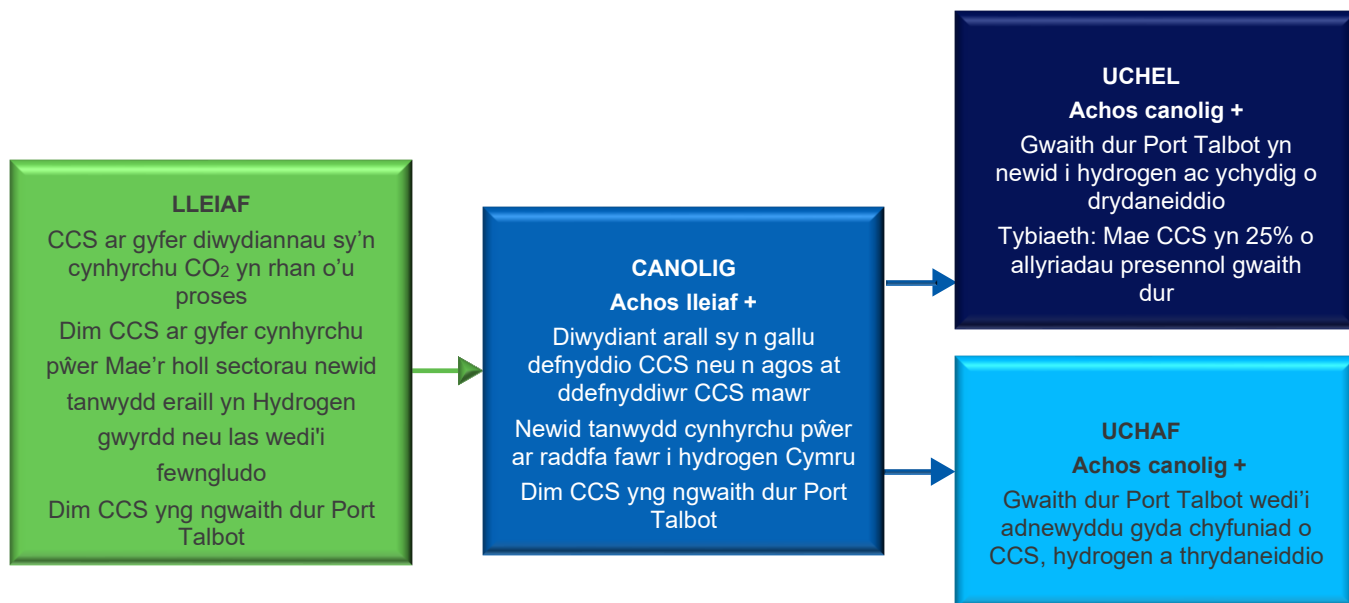
Mae gan Lanelli botensial cyfyngedig iawn ar gyfer allforio CO₂ ac, fel y nodwyd yn y Prif Adroddiad, nid oes harbwr masnachol yno ar hyn o bryd. O ganlyniad, ni chafodd ei ystyried ymhellach yn y Prif Adroddiad fel hwb hyfyw.

Er bod yr astudiaethau sensitifrwydd yn canolbwyntio ar dri phorthladd Aberdaugleddau, Port Talbot a Chasnewydd, oherwydd y berthynas o ran modelu rhwng pob porthladd yn Ne Cymru, roedd y model sensitifrwydd yn cynnwys pob porthladd yn yr allbynnau mewn tabl (gweler **Tabl 4-4**).

Felly, adroddwyd ynghylch pob porth yn y tablau yn yr adran hon, ond dim ond ar gyfer y tri phorthladd allweddol y mae canlyniadau graffigol wedi cael eu cynhyrchu, yn y senarios galw CCS uchaf.

4.2 Achosion y Rhwydwaith CCUS a Ddefnyddir yn yr Astudiaethau Sensitifrwydd

Mae dadansoddiadau o sensitifrwydd ar gyfer seilwaith CCUS yng Nghymru wedi cael eu datblygu ar gyfer pob un o'r pedwar Achos Galw a nodir yn Adran 4.1 ac wedi'u crynhoi yn Ffigur 4-2.



Ffigur 4-2 Crynodeb o'r Pedwar Achos Galw am CCS

Gwneir y tybiaethau canlynol ar gyfer yr astudiaethau sensitifrwydd ynghylch y rhwydwaith CCS:

1. Mae'r rhwydwaith wedi'i optimeiddio ar gyfer CCS ac nid ydym wedi mesur cyfleoedd defnyddio.
2. Bydd hybiau allforio CO₂ De Cymru yn cael eu sefydlu yng Nghasnewydd, Y Barri, Port Talbot ac Aberdaugleddau.
3. Bydd CO₂ yn cael ei gasglu yn yr allyrwyr ac yn cael ei beipio ar wasgedd canolig (20 bar) i'r hwb lleol.
4. Tybir bod allyrwyr yng Ngogledd-ddwyrain Cymru'n rhan o'r clwstwr HyNet. Cesglir CO₂ ym mhob safle a chaiff ei allforio drwy biblinell ar lefel 20 bar.
5. Mae'r cyfleusterau hwb yng Nghasnewydd, Y Barri. Mae Port Talbot ac Aberdaugleddau'n cynnwys

gorsaf hylifiad, lle storio CO₂ ar ffurf hylif a chyfleusterau llwytho ar lanfa.

6. Mae'r capasiti storio CO₂ canolradd ym mhob porthladd wedi'i gynyddu i 300% o gyfaint y llong fwyaf sy'n ymweld â'r lle.
7. Mae cynnydd yn nifer y tanciau storio CO₂ canolradd ym mhob lleoliad o ddau i dri.
8. Mae oes cludo pob llong wedi cael ei ostwng i 15 mlynedd.
9. Mae cyflymder cludo pob llong wedi cael ei ostwng o 15 i 13 not.
10. Mae'r amcangyfrifon o ran argaeledd asedau wedi cael eu gostwng o 90% i 85%.
11. Mae costau gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd wedi cynyddu fesul tair cynyddran o 25%, 50% a 100.

4.3 Model Casglu CO₂

Mae'r Prif Adroddiad yn egluro sut cafodd y gwaith o gasglu CO₂ ei werthuso a'i fodelu ar gyfer pob allyrrydd. Nid yw'r achosion sensitifrwydd sydd wedi'u cynnwys yn y dadansoddiad hwn yn effeithio ar ganlyniadau'r model casglu, ond cawsant eu cynnwys yma er gwybodaeth. Felly, dylai darllenwyr gyfeirio at y Prif Adroddiad i gael manylion ynghylch costau a thechnolegau casglu. Fodd bynnag, mae yn dangos sut mae'r costau'n gostwng wrth i'r symiau sy'n cael eu casglu gynyddu.

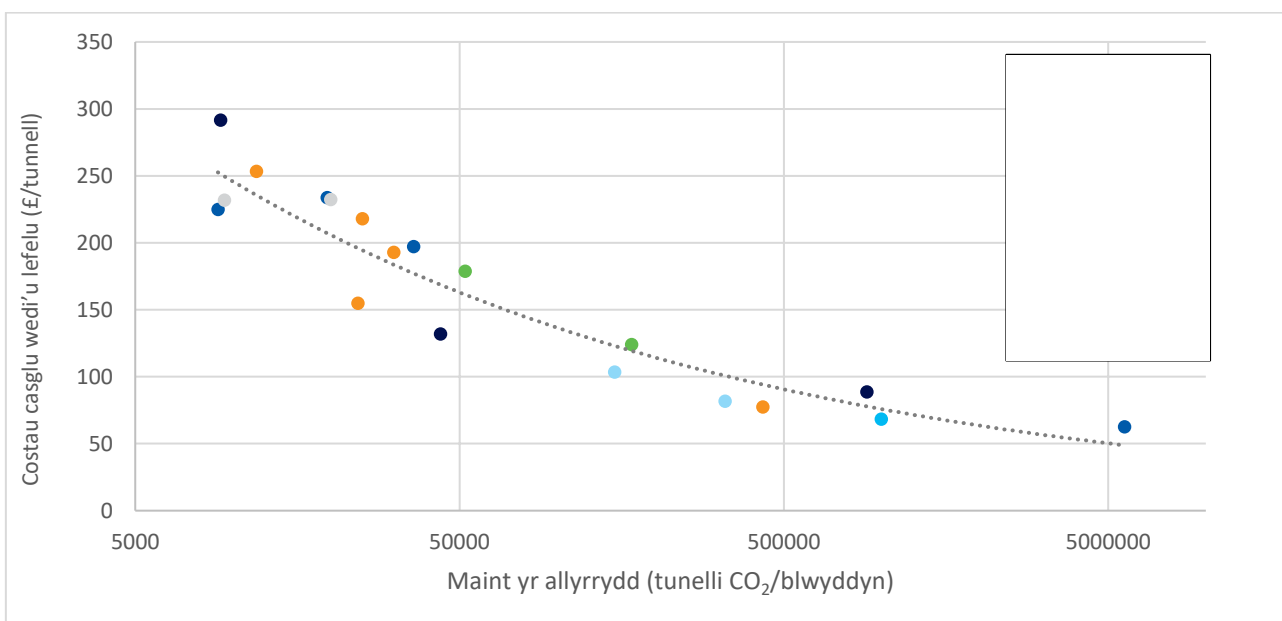
cyfanswm y costau casglu ar gyfer pob un o'r pedwar achos wedi'u crynhoi yn **Tabl 4-3**. Mae'n bwysig nodi nad yw'r costau hyn yn cynnwys costau prosesu CO₂ a storio ym mhob hwb, costau cludo'r CO₂ i ffwrdd o bob hwb a chostau atafael y CO₂. Ystyrir y ffactorau hynny'n nes ymlaen yn yr adroddiad sensitifrwydd hwn.

I ddangos effaith maint yr allyriadau yn erbyn y costau casglu, mae'r graff yn

		(£ miliwn)	Cyfanswm y CO ₂ a	wedi'i Lefelu a'i	
1 - Lleiafswm	764	90	1.97	83	99
2 Canolig	1375	195	3.29	93	108
3 Uchel	1812	270	4.7	89	103
4 - Uchafswm	2539	482	8.9	74	88

Tabl 4-3 Cyfanswm Costau Casglu CCS wedi'u Lefelu ar gyfer Pob Achos

ACHOS UCHAF - COST CASGLU vs MAINT YR ALLYRRYDD FESUL LLEOLIAD



Ffigur 4-3 Cost Casglu vs Maint yr Allyrrydd fesul lleoliad (Achos Uchaf)

4.4 Dadansoddiadau o Sensitifrwydd Modelu Hwb a Chludo CO₂

Er mwyn asesu'r opsiynau gorau ar gyfer cludo a'r costau seilwaith cysylltiedig, mae model cludo CO₂ symlach wedi cael ei ddatblygu ar gyfer y Prif Adroddiad. Cafodd y model hwn ei addasu a'i ddiweddarau ar gyfer yr adroddiad hwn er mwyn darparu ar gyfer yr astudiaethau sensitifrwydd. Cafodd y sensitifeddau canlynol eu profi yn y model hwn:

1. Mae'r capasiti storio CO₂ canolradd ym mhob porthladd wedi'i gynyddu i 300% o gyfaint y llong fwyaf sy'n ymweld â'r lle.
2. Mae cynnydd yn nifer y tanciau storio CO₂ canolradd ym mhob lleoliad o ddau i dri.
3. Mae oes cludo pob llong wedi cael ei ostwng i 15 mlynedd.
4. Mae cyflymder cludo pob llong wedi cael ei ostwng o 15 i 13 not.
5. Mae'r amcangyfrifon o ran argaeledd asedau wedi cael eu gostwng o 90% i 85%.
6. Mae costau gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd wedi cynyddu fesul tair cynyddran o 25%, 50% a 100%.
7. Achos cyfun sy'n defnyddio pob un o'r sensitifeddau uchod, lle mae costau gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd yn cael eu gosod ar y drydedd gynyddran o 200% (yr achos capasiti cynyddrannol + 100%).

4.5 Crynodeb o Fodelu Sensitifrwydd Opsiynau Allforio

Mae **Tabl 4-4** (wedi'i rannu dros 2 dudalen oherwydd lle) yn crynhoi'r amcangyfrifon o gostau ar gyfer y senarios a'r opsiynau allforio a drafodir uchod. Mae'r tabl yn dangos y gwerth a gyfrifwyd yn y Prif Adroddiad "Cost yr Adroddiad Gwreiddiol", ynghyd â'r cynnydd cynyddrannol yn y gost ar gyfer pob achos sensitifrwydd mewn £/t, ac fel newid canrannol mewn costau. Mae'r tabl hefyd yn cynnwys y cynnydd uchaf mewn costau sy'n deillio o ddefnyddio pob un o'r achosion sensitifrwydd gan gynnwys y costau gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd sydd wedi'u gosod ar y drydedd gynyddran o 200% (yr achos capasiti cynyddrannol + 100%).

Mae

Ffigur 4-4, Ffigur 4-5, a Ffigur 4-6 yn dangos cost allforio CO₂ wedi'i lefelu ar gyfer pob newid canran a sensitifrwydd o'r adroddiad gwreiddiol, yng Nghasnewydd, Port Talbot ac Aberdaugleddau. Yn y tabl isod, ar gyfer yr achos sensitifrwydd cyfun, defnyddiwyd yr "achos gwaethaf" o ran cynnydd mewn costau o 200% yn y gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd.

Roedd yn rhaid cael rhywfaint o ddolenni iteriad ychwanegol yn y model er mwyn darparu ar gyfer yr astudiaethau sensitifrwydd oherwydd y rhyngweithio rhwng cyflymder llongau, maint storfeydd ac argaeledd asedau yn gyffredinol.

Cafodd dwy ffynhonnell ddata eu defnyddio i ddatblygu'r hwb a'r modelau costau cludo. Daeth y rhain o BEIS¹² ac astudiaeth fewnol a gynhaliwyd gan DNV

¹² 'Cludo CO₂ – Astudiaeth Rhagamcan Costau'r DU' Adroddiad Terfynol gan

Element Energy ac eraill ar gyfer yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth

yn 2018¹³. Roedd astudiaeth DNV yn modelu storio a chludo CO₂ ar ffurf hylif ar 7 i 8.5 bar a -50 °C sydd yn ei hanfod yr un peth â'r hyn a ddefnyddir yng nghyfleusterau storio CO₂ presennol Yara (Praxair bellach)¹⁴.

Ar gyfer y costau hwb yn yr astudiaeth hon cafodd costau astudio'r DNV gwreiddiol eu cynhyrchu gan ymgynghorydd costau arbenigol a'u seilio ar fodelu prosesau'r systemau hwb.

Roedd y costau hyn yn sylweddol uwch na rhai'r astudiaeth BEIS, oedd yn dod o amrywiaeth o ffynonellau data ar-lein. Mae'r costau hynny wedi cael eu codi ymhellach mewn nifer o'r achosion sensitifrwydd hyn.

Gan fod yr astudiaethau sensitifrwydd yn effeithio ar ganlyniadau'r opsiynau cludo yn unig, cyflwynir y canlyniadau isod ar gyfer yr effeithiau cludo a'r achosion cyffredinol ar wahân.

Ddiwydiannol (BEIS), Tachwedd, 2018
82

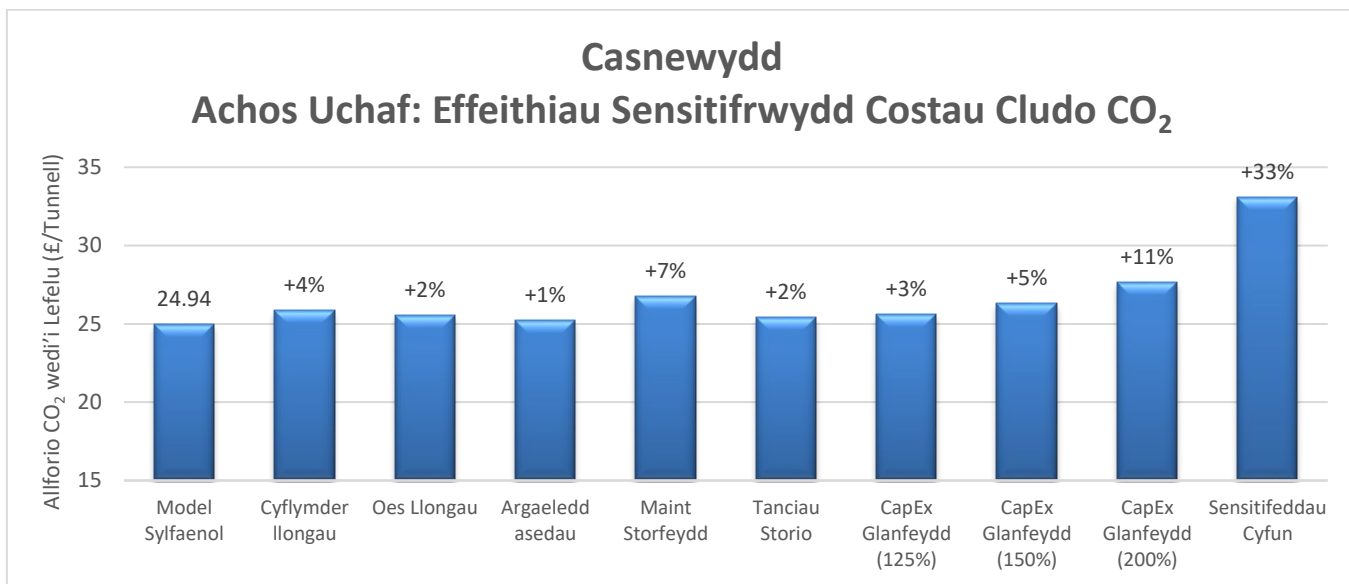
¹³ 'Gwerthusiad tech-economaidd o gadwyn gwerth cludo CO₂' Adroddiad DNV i Gleient Cyfrinachol, Ebrill 2018

¹⁴ Haugen, H.A., Eldrup, N.H., Fatnes, A.M. a Leren, E. 'Casglu a chludo CO₂ yn fasnachol o gynhyrchiad amonia' 13ed Cyn. Rhyng. ar Dechnolegau Rheoli Nwyon Tŷ Gwydr, GHGT-13, Lausanne. 14-18 Tachwedd 2016

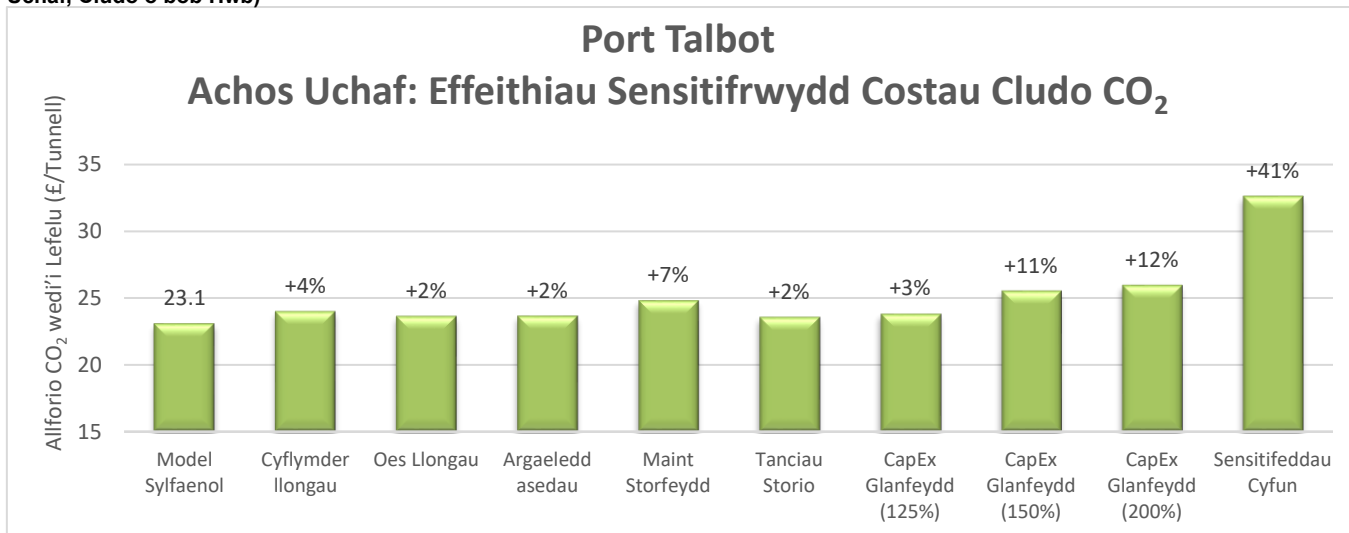
Achos	Disgrifiad	Cost Cludo CO ₂ wedi'i lefelu (£/t)								
		Achos Sensitifrwydd								
		Cost yr Adroddiad Gwreiddiol	Achos Cyflymder Llongau	Newid mewn Costau (%)	Achos Oes Llongau	Newid mewn Costau (%)	Achos yr Asedau sydd ar gael	Newid mewn Costau (%)	Achos Maint Storffeydd	Newid mewn Costau (%)
1	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	42.71	44.33	4%	43.71	2%	43.65	2%	47.47	11%
	Milford Haven yn cludo i Immingham, hybiau eraill yn cludo i Aberdaugleddau	40.97	42.44	4%	41.88	2%	41.96	2%	45.47	11%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	43.29	44.33	2%	44.12	2%	44.30	2%	45.62	5%
2	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	31.83	32.69	3%	32.19	1%	32.17	1%	34.36	8%
	Aberdaugleddau a Chasnewydd i Immingham Y Barri a Phort Talbot i gludo i Aberdaugleddau	30.67	31.61	3%	31.38	2%	31.35	2%	33.40	9%
	Cludo Uniongyrchol i Lerpwl o bob hwb	26.10	26.72	2%	26.49	1%	26.74	2%	28.73	10%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	28.24	29.07	3%	28.75	2%	28.92	2%	29.84	6%
	Piblinell 120 bara ar y tir i Aberdaugleddau	24.71	25.55	3%	25.22	2%	25.38	3%	26.32	7%
3	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	31.25	32.46	4%	31.96	2%	31.94	2%	33.94	9%
	Aberdaugleddau, Casnewydd a Phort Talbot yn cludo'n uniongyrchol i Immingham. Y Barri'n cludo i Gasnewydd	31.00	32.14	4%	31.75	2%	31.72	2%	33.70	9%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	27.42	28.24	3%	27.90	2%	28.08	2%	28.94	6%
4	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	27.18	28.20	4%	27.83	2%	27.80	2%	29.33	8%
	Aberdaugleddau, Casnewydd a Phort Talbot yn cludo i Immingham. Y Barri yn cludo i Bort Talbot	26.86	27.82	4%	27.49	2%	27.48	2%	28.98	8%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	24.35	25.09	3%	24.74	2%	24.94	2%	25.65	5%
	Piblinell 120 bara ar y tir i Aberdaugleddau	23.02	23.42	2%	23.42	2%	23.30	1%	24.36	6%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Gasnewydd a phiblinell 120 bara i Immingham	23.11	23.11	0%	23.11	0%	23.74	3%	23.11	0%
	Piblinell 120 bara ar y tir i Gasnewydd a phiblinell 120 bara i Immingham	19.21	19.21	0%	19.21	0%	19.74	3%	19.21	0%

Achos	Disgrifiad	Cost Cludo CO ₂ wedi'i lefelu (£/t)										
		Achos Sensitifrwydd										
		Adroddia d Gwreiddi ol Cost	Achos Tanciau Storio	Newid mewn Costau (%)	Achos gwariant cyfalaf ar gyfer Glanfeyd d (125%)	Newid mewn Costau (%)	Achos gwariant cyfalaf ar gyfer Glanfeyd d (150%)	Newid mewn Costau (%)	Glanfa Gwariant cyfalaf Achos (200%)	Newid mewn Costau (%)	Cyfuno Pob Achos	Newid mewn Costau (%)
1	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	42.71	43.99	3%	43.65	2%	44.96	5%	47.20	11%	59.23	39%
	Milford Haven yn cludo i Immingham, hybiau eraill yn cludo i Aberdaugleddau	40.97	42.18	3%	42.14	3%	43.30	6%	45.63	11%	56.85	39%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	43.29	43.91	1%	43.97	2%	44.65	3%	46.00	6%	53.15	23%
2	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	31.83	32.23	1%	32.32	2%	33.18	4%	34.92	10%	43.00	35%
	Aberdaugleddau a Chasnewydd i Immingham Y Barri a Phort Talbot i gludo i Aberdaugleddau	30.67	31.40	2%	31.52	3%	32.37	6%	34.07	11%	41.00	34%
	Cludo Uniongyrchol i Lerpwl o bob hwb	26.10	26.80	3%	26.86	3%	27.62	6%	29.15	12%	35.30	35%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	28.24	28.67	2%	28.91	2%	29.59	5%	30.93	10%	36.06	28%
	Piblinell 120 bara ar y tir i Aberdaugleddau	24.71	25.14	2%	25.38	3%	26.06	5%	27.40	11%	32.52	32%
3	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	31.25	31.97	2%	32.00	2%	32.81	5%	34.50	10%	42.11	35%
	Aberdaugleddau, Casnewydd a Phort Talbot yn cludo'n uniongyrchol i Immingham. Y Barri'n cludo i Gasnewydd	31.00	31.72	2%	31.83	3%	32.66	5%	34.32	11%	41.80	35%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	27.42	27.82	1%	28.09	2%	28.76	5%	30.10	10%	35.02	28%
4	Cludo Uniongyrchol i Immingham o bob hwb	27.18	27.75	2%	27.93	3%	28.68	6%	30.19	11%	36.54	34%
	Aberdaugleddau, Casnewydd a Phort Talbot yn cludo i Immingham. Y Barri yn cludo i Bort Talbot	26.86	27.43	2%	27.62	3%	28.38	6%	29.89	11%	36.11	34%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Aberdaugleddau	24.35	24.70	1%	25.03	3%	25.70	6%	27.04	11%	31.32	29%
	Piblinell 120 bara ar y tir i Aberdaugleddau	23.02	23.38	2%	23.73	3%	24.44	6%	25.87	12%	29.68	29%
	Piblinell 20 bara ar y tir i Gasnewydd a phiblinell 120 bara i Immingham	23.11	23.11	0%	23.11	0%	23.11	0%	23.11	0%	23.74	3%
	Piblinell 120 bara ar y tir i Gasnewydd a phiblinell 120 bara i Immingham	19.21	19.21	0%	19.21	0%	19.21	0%	19.21	0%	19.74	3%

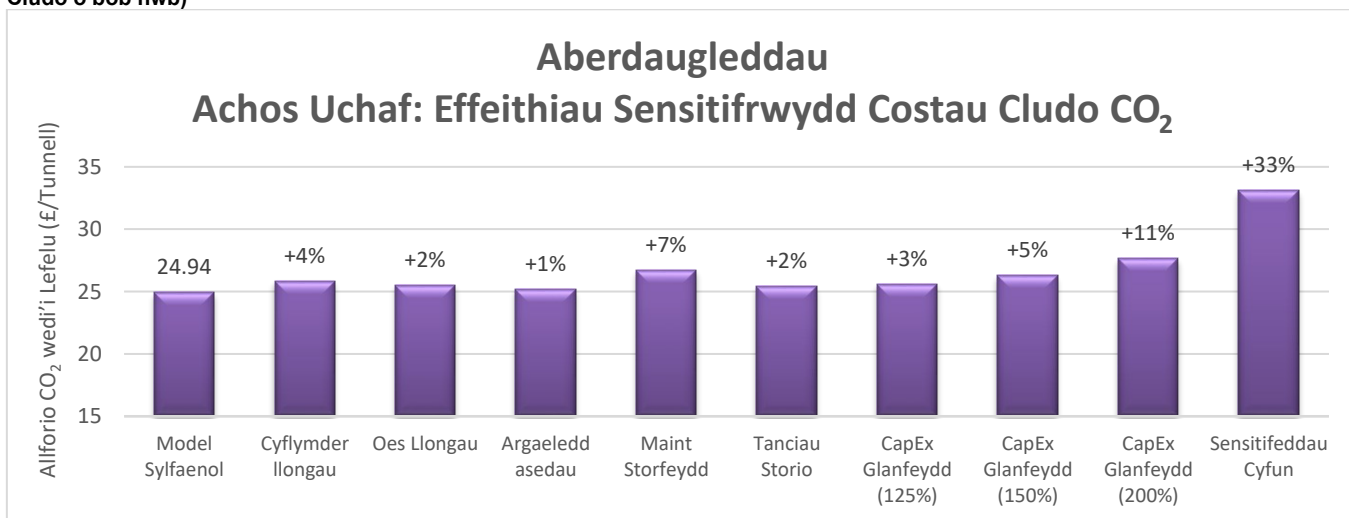
Tabl 4-4 Crynodeb o Amcangyfrifon Costau o'r Gwaith Modelu



Ffigur 4-4 Crynodeb o Gost Allforio CO₂ wedi'i Lefelu ar gyfer pob Sensitifrwydd yng Nghasnewydd (Data o'r Achos CCS Uchaf, Cludo o bob hwb)



Ffigur 4-5 Crynodeb o Gost Allforio CO₂ wedi'i Lefelu ar gyfer pob Sensitifrwydd ym Mhort Talbot (Data o'r Achos CCS Uchaf, Cludo o bob hwb)



Ffigur 4-6 Crynodeb o Gost Allforio CO₂ wedi'i Lefelu ar gyfer pob Sensitifrwydd yn Aberdaugleddau (Data o'r Achos CCS Uchaf, Cludo o bob hwb)

4.6 Canlyniadau Sensitifrwydd Cadwyn Gwerth CO₂ Cyffredinol

Mae **Tabl 4-5** isod yn crynhoi'r canlyniadau model ar gyfer y costau cadwyn gwerth cyfan fesul tonnelli o CO₂ ar gyfer y prif allyrwyr yng Nghymru, ar sail yr achos uchaf gyda phob sensitifrwydd. Mae'r tabl yn dangos y costau cysylltiedig ag un ai opsiynau allforio cludo ar longau neu biblinell ar gyfer pob safle.

Ffigur 4-7 Mae'n dangos cyfanswm y Costau Cadwyn Gwerth CO₂ yng Nghasnewydd, wedi'u rhannu'n Gostau Casglu a Danfon i'r Porthladd, Hwb, a Chludo ar Long. Mae'r canrannau'n dangos y newid yn y gost gyffredinol ar gyfer pob achos sensitifrwydd o'i gymharu â'r Model Gwreiddiol. Effaith gyffredinol ychwanegu pob achos sensitifrwydd at y model gwreiddiol yw cynnydd o £14 fesul tonnelli (9%). Mae'r effeithiau mwyaf o ran cost yn cael eu hachosi gan newidiadau i faint storfeydd a'r gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd.

Ffigur 4-8 Mae'n dangos cyfanswm y Costau Cadwyn Gwerth CO₂ ym Mhort Talbot, wedi'u rhannu'n Gostau Casglu a Danfon i'r Porthladd, Hwb, a Chludo ar Long. Mae'r canrannau'n dangos y newid yn y gost gyffredinol ar gyfer pob achos sensitifrwydd o'i gymharu â'r Model Gwreiddiol. Effaith gyffredinol ychwanegu pob achos sensitifrwydd at y model gwreiddiol yw cynnydd o £8.50 fesul tonnelli (8%). Mae'r effeithiau mwyaf o ran cost yn cael eu hachosi gan newidiadau i'r gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd.

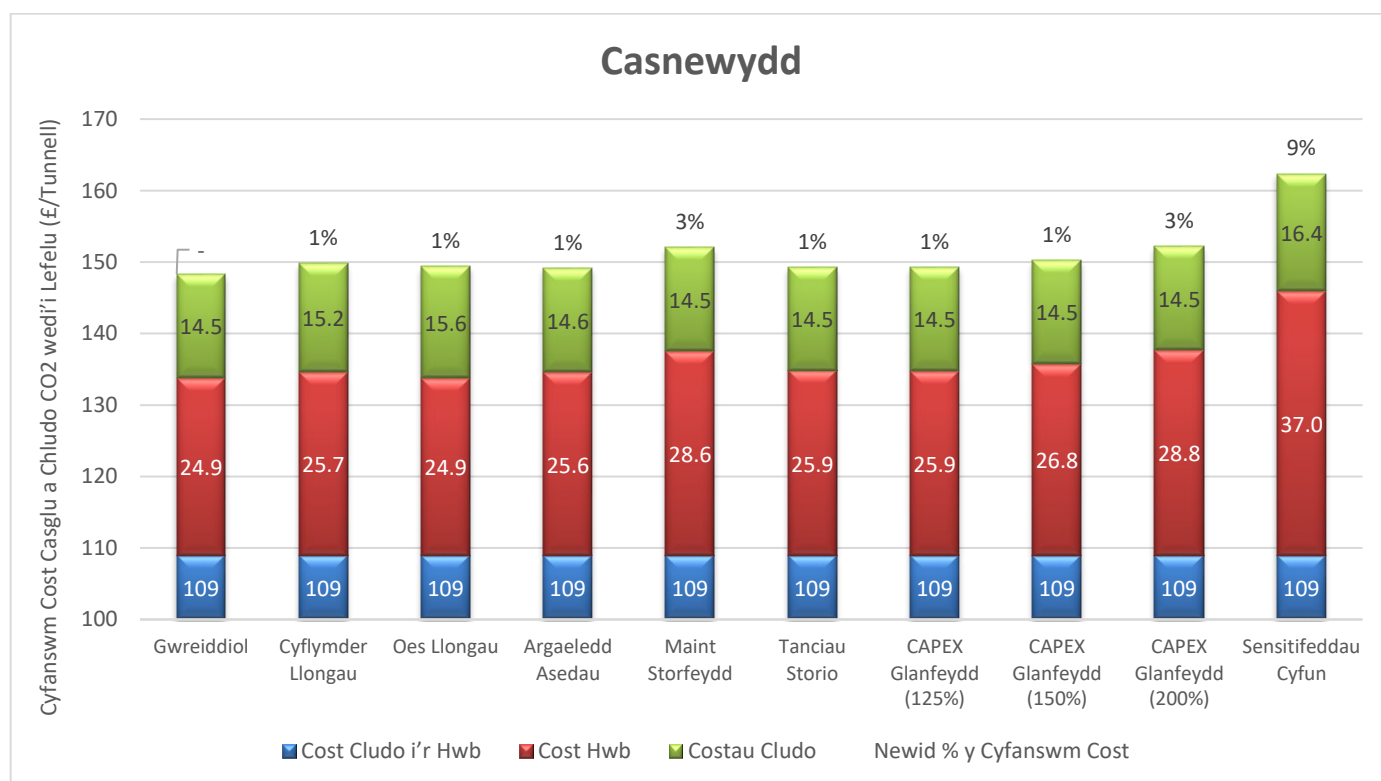
Ffigur 4-9 Mae'n dangos cyfanswm y Costau Cadwyn Gwerth CO₂ yn Aberdaugleddau, wedi'u rhannu'n Gostau Casglu a Danfon i'r Porthladd, Hwb, a Chludo ar Long. Mae'r canrannau'n dangos y newid yn y gost gyffredinol ar gyfer pob achos sensitifrwydd o'i gymharu â'r Model Gwreiddiol. Effaith gyffredinol ychwanegu pob achos sensitifrwydd at y model gwreiddiol yw cynnydd o £8.20 fesul tonnelli (8%). Mae'r effeithiau mwyaf o ran cost yn cael eu hachosi gan newidiadau i'r gwariant cyfalaf ar gyfer glanfeydd.

4.7 Effaith Achosion Sensitifrwydd ar y Canlyniadau Cyffredinol

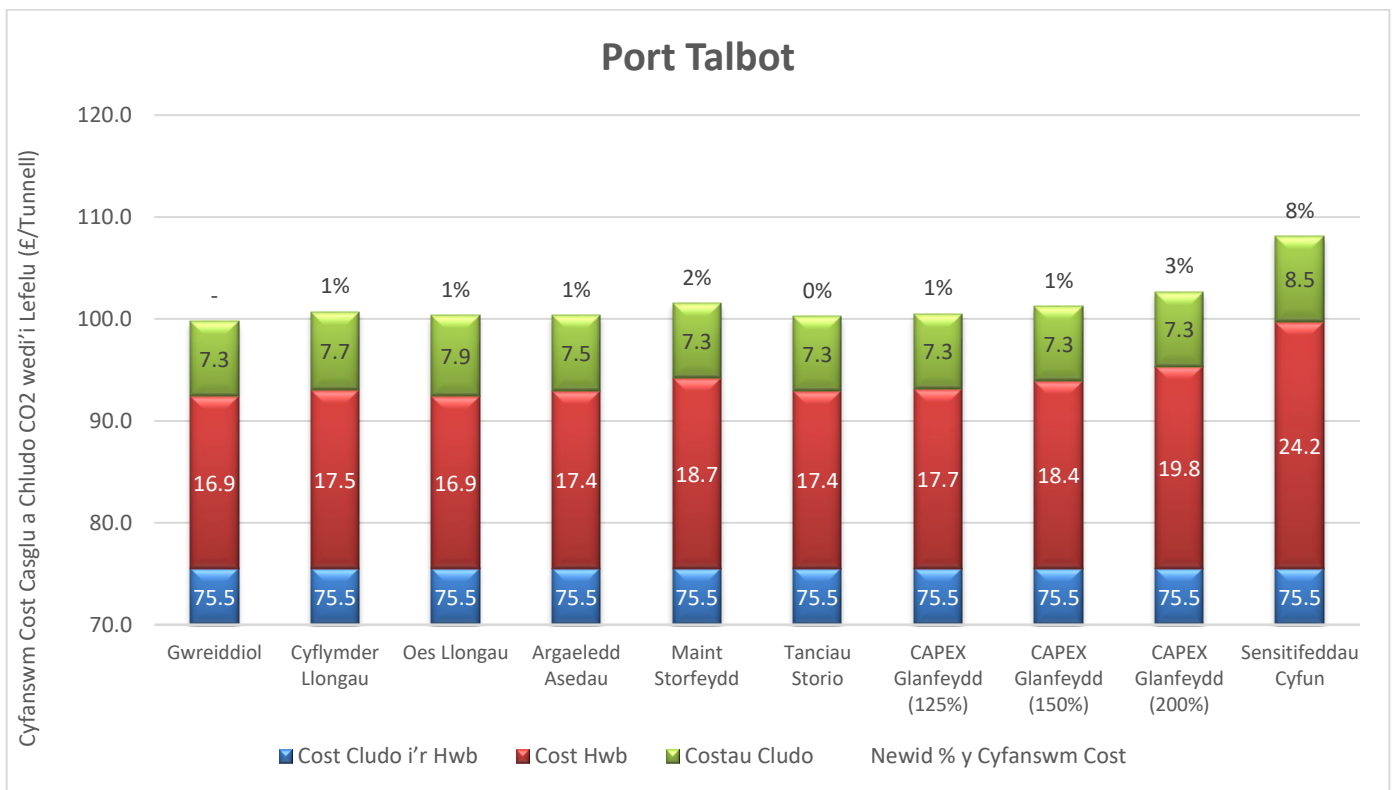
1. Yn gyffredinol, mae effaith pob achos sensitifrwydd ar gostau gwerth CCS cyffredinol rhwng 8% a 9% oherwydd effaith cyfraniad y costau casglu ar y gost gyffredinol.
2. Mae'r achosion sensitifrwydd gyda chyfraddau allforio CO₂ uwch yn cynnig costau cludo cyffredinol is.
3. Mae cludo arfordirol i borthladdoedd mwy'n cynnig ychydig o leihad mewn costau allforio CO₂ ym mhob achos heblaw am yr achos Lleiafswm allforio CO₂.
4. Mae cludo i Lerpwl yn hytrach nag Immingham rhwng 14-18% yn rhatach ar gyfer yr achos Canolig.
5. Mae biblinell CO₂ ar y tir gwasgedd isel ar Arfordir De Cymru yn cynnig cost ostyngedig o 8-16% ar gyfer yr Achos Canolig, gostyngiad o 12-17% ar gyfer yr Achos Uchel, a gostyngiad o 9-14% ar gyfer yr achos Uchaf. Mae'r model bellach yn rhagweld mymryn o gynnydd yn y costau ar gyfer yr achos

Lleiaf pan fydd pob un o'r sensitifeddau wedi cael eu cynnwys.

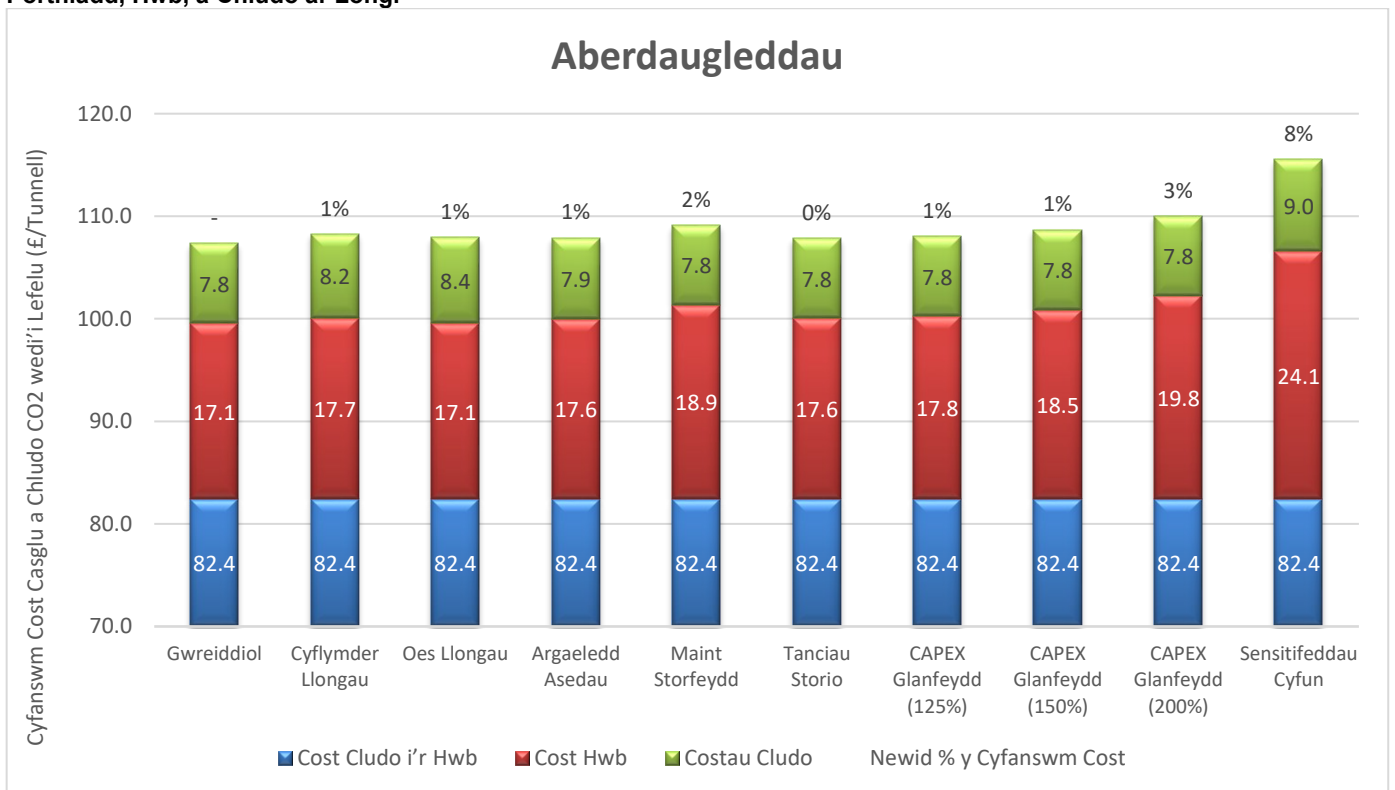
6. Mae piblinell ar y tir gwasgedd uchel ar Arfordir De Cymru i Aberdaugleddau tua 14% yn rhatach na system gwasgedd isel ar gyfer pob achos. Mae hyn yn bennaf oherwydd diamedr llai pibell gwasgedd uchel, sy'n golygu bod angen llai o ddur yn y gwaith adeiladu.
7. Mae gan biblinell gwasgedd uchel traws gwlad o Dde Cymru i Immingham gostau is na chludo ar gyfer yr achos Uchaf.



Ffigur 4-7 Cyfanswm y Costau Cadwyn Gwerth CO₂ yng Nghasnewydd, wedi'u rhannu'n Gostau Casglu a Danfon i'r Porthladd, Hwb, a Chludo ar Long.



Ffigur 4-8 Cyfanswm y Costau Cadwyn Gwerth CO₂ ym Mhort Talbot, wedi'u rhannu'n Gostau Casglu a Danfon i'r Porthladd, Hwb, a Chludo ar Long.



Ffigur 4-9 Cyfanswm y Costau Cadwyn Gwerth CO₂ yn Aberdaugleddau, wedi'u rhannu'n Gostau Casglu a Danfon i'r Porthladd, Hwb, a Chludo ar Long.

Hwb	Cyfanswm y CO ₂ a gasglwyd (tunnell/blwyddyn)	Ar sail yr Achos Uchaf, cludo drwy hwb penodol, y biblinell yw'r biblinell HP i Gasnewydd ac yna ymlaen i Immingham										
		Achos Sensitifrwydd	Costau wedi'u Lefelu (£/tunnell CO ₂)									
			Casglu yn unig (Cyfartaledd)	Wedi'i ddanfôn i'r hwb (Cyfartaledd)	Cost yr Hwb	Newid (%)	Costau Cludo	Newid (%)	Cyfanswm Cost (Cludo)	Newid (%)	Cost Piblinell	Cyfanswm Cost (Piblinell)
Casnewydd	977,868	Adroddiad Gwreiddiol	96.0	108.9	24.9	-	14.5	0%	148	-	19.2	128
		Cyflymder Llongau	96.0	108.9	25.7	3%	15.2	4%	150	1%	19.2	128
		Oes Llongau	96.0	108.9	24.9	0%	15.6	7%	149	1%	19.2	128
		Argaeledd Asedau	96.0	108.9	25.6	3%	14.6	1%	149	1%	19.2	128
		Maint Storfeydd	96.0	108.9	28.6	15%	14.5	0%	152	3%	19.2	128
		Tanciau Storio	96.0	108.9	25.9	4%	14.5	0%	149	1%	19.2	128
		Capex Glanfeydd (125%)	96.0	108.9	25.9	4%	14.5	0%	149	1%	19.2	128
		Capex Glanfeydd (150%)	96.0	108.9	26.8	8%	14.5	0%	150	1%	19.2	128
		Capex Glanfeydd (200%)	96.0	108.9	28.8	16%	14.5	0%	152	3%	19.2	128
		Sensitifeddau Cyfun	96.0	108.9	37.0	49%	16.4	13%	162	9%	19.2	128
Port Talbot	5,684,054	Adroddiad Gwreiddiol	64.2	77.3	16.9	-	7.3	-	102	-	19.2	97
		Cyflymder Llongau	64.2	77.3	17.5	3%	7.7	5%	102	1%	19.2	97
		Oes Llongau	64.2	77.3	16.9	0%	7.9	8%	102	1%	19.2	97
		Argaeledd Asedau	64.2	77.3	17.4	3%	7.5	2%	102	1%	19.2	97
		Maint Storfeydd	64.2	77.3	18.7	15%	7.3	0%	103	2%	19.2	97
		Tanciau Storio	64.2	77.3	17.4	4%	7.3	0%	102	0%	19.2	97
		Capex Glanfeydd (125%)	64.2	77.3	17.7	4%	7.3	0%	102	1%	19.2	97
		Capex Glanfeydd (150%)	64.2	77.3	18.4	8%	7.3	0%	103	1%	19.2	97
		Capex Glanfeydd (200%)	64.2	77.3	19.8	16%	7.3	0%	104	3%	19.2	97
		Sensitifeddau Cyfun	64.2	77.3	24.2	43%	8.5	15%	110	8%	19.2	97
Aberdaugleddau	523,126	Adroddiad Gwreiddiol	68.4	82.4	17.1	-	7.8	-	107	-	19.2	102
		Cyflymder Llongau	68.4	82.4	17.7	3%	8.2	5%	108	1%	19.2	102
		Oes Llongau	68.4	82.4	17.1	0%	8.4	8%	108	1%	19.2	102
		Argaeledd Asedau	68.4	82.4	17.6	3%	7.9	1%	108	1%	19.2	102
		Maint Storfeydd	68.4	82.4	18.9	10%	7.8	0%	109	2%	19.2	102
		Tanciau Storio	68.4	82.4	17.6	3%	7.8	0%	108	0%	19.2	102
		Capex Glanfeydd (125%)	68.4	82.4	17.8	4%	7.8	0%	108	1%	19.2	102
		Capex Glanfeydd (150%)	68.4	82.4	18.5	8%	7.8	0%	109	1%	19.2	102
		Capex Glanfeydd (200%)	68.4	82.4	19.8	16%	7.8	0%	110	3%	19.2	102
		Sensitifeddau Cyfun	68.4	82.4	24.1	41%	9.0	15%	116	8%	19.2	102

Tabl 4-5 Crynodeb o Fodelu'r Costau ledled y Gadwyn Gwerth CO₂ Gyfan

4.8 Maint Lleiniau Hybiau Cludo

Gan y gallai argaeledd a phris tir fod yn allweddol yn natblygiad hwb cludo, amcangyfrifwyd maint llain ddangosol ar gyfer y cyfleusterau hylifiad a storio yn yr achosion cludo uniongyrchol. Mae'r amcangyfrifon yn y Prif Adroddiad wedi'u diwygio fel y dangosir isod ar gyfer yr astudiaethau sensitifrwyd:

1. Tybiwyd bod tanciau yn sfferau. Sylwer yn yr achos sensitifrwydd tanciau storio, cafodd nifer y tanciau ei godi o ddau i dri.
2. Mae 2m ychwanegol wedi'i ychwanegu at ddiamedr y sffêr i ganiatáu ar gyfer cregyn ac inswleiddio.
3. Yna amcangyfrifwyd mai ardal llain sffêr yw sgwâr y diamedr hwn ynghyd â diogelwch/mynediad 10m ar bob ochr. Byddai angen i'r pellter gwahanu hwn gael ei gadarnhau gan achos diogelwch/QRA.
4. Amcangyfrifwyd arwynebedd llain gwaith hylifedd cymharol ar sail trwybwn ac esboniwr graddio o 0.65. Maint y llinell sylfaen oedd 260m² ar gyfer gorsaf hylifo 100t/h.
5. Cymerir mai dim ond cost yw'r cynnydd sensitifrwydd gwariant cyfalaf ar gyfer Glanfeydd, ac nid yw'n cael effaith ar faint plot.

6. Gwelir y byddai angen i feintiau plotiau gynyddu'n sylweddol ym mhob lleoliad.
7. Byddai goblygiadau diogelwch o bosibl i storio canolradd ychwanegol, a byddai angen eu hasesu.

Mae'r canlyniadau o ran arwynebedd plotiau hyn yn cael eu crynhoi yn **Tabl 4-6** isod.

	Sensitifeddau Achos Uchaf (Cludo o bob hwb)										
	Adroddiad Gwreiddiol	Achos Cyflymder Llongau	Newid (%)	Achos yr Asedau sydd ar gael	Newid (%)	Achos Maint Storfeydd	Newid (%)	Achos Tanciau Storio	Newid (%)	Cyfuno Pob un o'r Sensitifeddau Achos Gwaethaf	Newid (%)
	3,905	4,021	3%	3,977	2%	4,837	24%	5,055	29%	6,539	67%
	6,597	6,832	4%	6,760	2%	8,413	28%	8,197	24%	11,086	68%
	5,968	6,176	3%	6,107	2%	7,555	27%	7,458	25%	9,973	67%

Tabl 4-6 Amcangyfrif o Arwynebedd Lleiniau ar gyfer Gwaith Hylifiad ym mhob Hwb

4.9 Allyriadau CO₂ o Gludo

Er bod modd casglu'r allyriadau CO₂ sy'n deillio o gasglu, cludo atraeth a phrosesu CO₂, neu eu hosgoi fel arall, mae allyriadau'n deillio o gludo ar longau'n fwy anodd ei datrys. Serch hynny, mae angen eu hystyried. Roedd yr amcangyfrifon o'r allyriadau CO₂ o'r senarios cludo amrywiol yn deillio o ddefnydd tanwydd y llongau (fel y'i defnyddir i amcangyfrifo cludo OPEX) a Ffactorau Trosi Llywodraeth y DU 2020¹⁵. Cyflymder llongau ac argaeledd asedau yw'r unig sensitifeddau sy'n effeithio ar allyriadau ac fe'u dangosir yn **Tabl 4-7**. Mân newidiadau yw'r rhain, ond byddai angen eu hystyried yn fanylach pan fydd maint y llongau a dyluniad yr injans ar gael.

Sensitifeddau Achos Uchaf (Cludo o bob hwb)		
	Allyriadau cludo CO ₂ kg/t a gludir	
Gwreiddiol	13	0%
Cyflymder Llongau	14	8%
Argaeledd Asedau	12	8%

Tabl 4-7 Sensitifeddau Allyriadau Cludo

¹⁵ 'Ffactorau Trosi Llywodraeth y DU ar gyfer Cwmnïau'n Adrodd' Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol ar ran yr Adran



5 CASGLIADAU YN DILYN YR ASTUDIAETH SENSITIFRWYDD

1. Mae CCUS yn parhau i fod yn opsiwn technegol dichonadwy i gynorthwyo Cymru i gyflawni ei thargedau statudol ar gyfer lleihau allyriadau. Mae'r dechnoleg sydd ei hangen i greu rhwydwaith CCUS yng Nghymru ar gael, ac mae'r capasiti sydd angen ei gasglu, ei gludo a'i storio o fewn galluoedd technolegau profedig.
2. Er bod y dechnoleg i adeiladu rhwydwaith CCUS yn bodoli, fel sy'n wir am sawl datrysiad carbon is, mae'n ddatrysiad drud i'r her ddatgarboneiddio i allyrwyr yng Nghymru. Yn hyn o beth, mae'n bosibl mai dim ond rhan o'r datrysiad ydyw, a dylid ystyried mesurau eraill megis llai o alw am ynni, gwell effeithlonrwydd ynni, rhagor o ailgylchu, a fectorau ynni amgen megis trydaneiddio neu hydrogen yn ddatrysiadau cynradd. Pan na ellir defnyddio atebion eraill oherwydd

anghenion prosesau, costau neu ymarferoldeb, yna bydd CCUS yn hanfodol ar gyfer trin gollyngiadau gweddilliol. O ganlyniad, bydd yn bwysig i Lywodraeth Cymru gynnal dull hyblyg o ddatgarboneiddio sy'n cefnogi ystod o fesurau datgarboneiddio ac yn caniatáu i atebion gael eu huwchraddio neu eu lleihau wrth i'r galw newid, neu wrth i atebion newydd ddod i'r amlwg.

3. Mae'r gwaith modelu a gwblhawyd yn rhan o'r astudiaethau sensitifrwydd nawr yn rhagweld bod pris casglu a storio carbon yn amrywio o £100 i £360 fesul tonnell, gyda'r rhan fwyaf o'r allyrwyr yn dod o dan yr ystod bris is. Mae'r gwerthoedd hyn yn dal i fod o fewn yr

ystod a welir mewn prosiectau CCUS rhyngwladol eraill. Caiff amrywiaeth eang y costau ei gyrru gan leoliad safle'r allyrrydd mewn perthynas â "hwb" allforio, natur y dechnoleg gasglu sydd ei hangen, dewis y prif

lwybr allforio (piblinell neu long) a chyfanswm y CO₂ sy'n cael ei allforio.

4. Yn y Prif Adroddiad a'r astudiaethau sensitifrwydd hyn, mae'r costau casglu'n cyfrif am rhwng 67-77% o'r gost gyffredinol. Mae Costau'r Hwb yn cyfrif am tua 17-23% o'r gost gyffredinol, ac mae costau cludo yn cyfrif am tua 7-10% o'r gost gyffredinol. Gan mai dim ond effeithio ar gostau cludo mae'r holl achosion sensitifrwydd, nid yw'r effaith ar gost gyffredinol cadwyn gwerth CCUS mor sylweddol ag y gellid ei ddisgwyl. Er enghraifft, mae'r achos sensitifrwydd cost storio yn arwain at gynnydd o 15% yng nghostau'r hwb yng Nghasnewydd, ond dim ond achosi cynnydd o 3% yn y costau Casglu a Chludo cyffredinol (gweler **Tabl 4-5**).
5. Yn unol â'r disgwyl, mae gan ffynonellau allyriadau mwy sy'n agos at hybiau allforio gostau sylweddol is fesul tonnell o CO₂ sy'n cael ei storio, tra bo gan safleoedd llai, sy'n bell i ffwrdd o'r hybiau allforio, gostau uwch. Mae piblinellau allforio a rennir i hwb yn creu ychydig o arbedion allforio i rai safleoedd, ond grwpio allyriadau o safleoedd cyfagos a pherthnasol sy'n cynnig yr arbedion mwyaf. Unwaith eto, mae hyn yn cefnogi'r angen i Lywodraeth Cymru gynnal ymagwedd hyblyg a goruchwyllo datrysiadau sy'n amddiffyn capasiti diwydiannol a lefelau cyflogaeth.
6. Mae gan safleoedd yng Ngogledd Cymru'r opsiwn i glymu i mewn i'r prosiect HyNet yn y Gogledd-orllewin. Credir bod y gost o gasglu a chludo i'r seilwaith HyNet rhwng £96 a £268 fesul tonnell yn dibynnu ar leoliad y safle, y datrysiad casglu a lefelau'r allyriadau, ac nid yw'r achosion sensitifrwydd hyn yn effeithio ar

hynny. Nid yw cost cyrchu seilwaith HyNet yn hysbys ar hyn o bryd, a byddai angen ei ychwanegu at y gwerthoedd hyn. Hefyd, byddai angen cael caniatâd a chymeradwyaeth cynllunio ar gyfer llwybrau'r piblinellau dros ffin Cymru/Lloegr. Mae trafodaethau ynglŷn â hyn ar waith ar hyn o bryd gyda'r OGA a chyrrff rheoliadol eraill.

7. Bydd sicrhau mynediad i gapasiti storio CO₂ addas a digonol yn hanfodol bwysig i Gymru'n gyffredinol, ac i safleoedd De Cymru yn benodol. Er ei bod hi'n debygol mai Cwmni Storio a Chludo CCS (T&SCo) fyddai'n gyfrifol am y gwaith gwirioneddol sydd angen ei wneud i gludo a storio CO₂ yn ddiogel o Gymru, bydd hi'n bwysig bod Llywodraeth Cymru'n chwarae rhan yn y trafodaethau cychwynnol gyda'r lleoliadau storio posibl i sicrhau capasiti i'r dyfodol ar gyfer Cymru. Roedd trafodaethau â rhanddeiliaid yn ystod y gwaith o gynhyrchu'r Prif Adroddiad gyda nifer o weithredwyr storio posibl wedi dangos bod lefelau diddordeb sylweddol eisoes wedi cael eu mynegi mewn sicrhau capasiti. Mae rhai sefydliadau a llywodraethau y tu allan i Gymru eisoes wedi llofnodi Memorandwm Cyd-ddealltwriaeth (MOU) gyda storfeydd sy'n cael eu cynllunio ar hyn o bryd yn y DU a Gogledd Ewrop. Mae'r gwaith a gwblhawyd gan DNV mewn prosiectau eraill wedi dangos bod uchelgais storio CO₂ prosiectau Ewropeaidd yn uwch na'r capasiti storio tebygol yn Ewrop gan ffactor o dri, ac felly mae'n debygol y bydd galw sylweddol am storfeydd yn y DU. (gweler **Ffigur 3-3**).
8. Roedd y mater o gludo CO₂ ar longau yn absennol i ddechrau o gynigion model busnes BEIS ar gyfer y CCUS

a gyhoeddwyd yn 2021. Yn dilyn sylwadau gan Lywodraeth Cymru a rhanddeiliaid eraill, mae BEIS nawr yn ymgynghori ar ddatrysiadau ar gyfer Cludo CO₂ heb Biblinell (NPT).

9. Ar 10 Chwefror 2021, cyhoeddodd BEIS ei ymagwedd ddrafft i ddilyniannu clystyrau CCUS, ochr yn ochr ag ymgynghoriad a oedd ar waith tan 10 Mawrth 2021. Nod dilyniannu clystyrau diwydiannol yw bodloni uchelgais llywodraeth y DU i fod â dau glwstwr ar waith erbyn canol y 2020au, a dau arall erbyn 2030, er bod y ddogfen yn nodi y bydd angen i bob clwstwr ddatgarboneiddio. Ni chafodd De Cymru ei ystyried yn rhan o'r clystyrau diwydiannol allweddol ar gyfer Trac 1, ac rydym yn parhau i gredu ei bod hi'n bwysig bod Llywodraeth Cymru'n cymryd y camau angenrheidiol i sicrhau bod anghenion Cymru am CCUS yn y dyfodol yn cael eu cydnabod yn rhan o'r broses Trac 2. Fodd bynnag, mae Gogledd Cymru'n hanfodol i brosiect HyNet Gogledd-orllewin Lloegr, gyda phiblinell CO₂ ar draws i Gei Connah wedi'i threfnu ar gyfer Cam 1 (2025) a chynlluniau ar gyfer piblinell hydrogen yn ystod Cam 3 (2030 ymlaen). Erbyn hyn mae HyNet wedi'i ddewis fel un o glystyrau Trac 1, felly ystyrir bod hyn yn rhywbeth cadarnhaol ar gyfer safleoedd yng Ngogledd Cymru.
10. Mae'r gwaith modelu sensitifrwydd yn yr adroddiad hwn yn dal i ddangos mai llwybr piblinell gwasgedd uchel ar y tir ar draws De Cymru o Aberdaugleddau i Gasnewydd, ac yna ar draws Lloegr i leoliad fel Immingham, yw'r opsiwn rhataf fesul tonnell o CO₂ i safleoedd yn Ne Cymru. Mae hyn yn unol â'r dadansoddiad a gyhoeddwyd yn astudiaeth costau cludo ar longau

BEIS yn 2018², er bod y gwerthoedd cyffredinol a nodir yn y dadansoddiad o sensitifrwydd hwn yn uwch nag astudiaeth BEIS. Mae'r rhesymau dros y gwahaniaeth hwn yn cael eu hegluro yn y Prif Adroddiad. Fodd bynnag, mae'n rhaid cadw'r ffactorau canlynol mewn cof wrth ystyried goblygiadau'r casgliad hwn:

- a. Byddai adeiladu piblinell ar draws De Cymru'n croesi sawl ardal o sensitifrwydd amgylcheddol.
- b. Mae pellteroedd piblinell wedi cael eu hamcangyfrif "fel hed y fran". Y realiti ar gyfer unrhyw lwybr piblinell yw y byddai angen i bellteroedd hirach osgoi canolfannau poblogaeth, croesfannau mawr, ardaloedd sy'n sensitif yn amgylcheddol a thirwedd anodd.
- c. Nid yw cael caniatâd cynllunio angenrheidiol ar gyfer piblinell pellter hir yn hawdd, a chan y byddai'r llwybr piblinell hwn yn croesi ffiniau gwlad, sir ac awdurdod lleol, gellid disgwyl oedi sylweddol o ran sicrhau caniatâd cynllunio. Hefyd, fel sy'n wir bob amser am brosiectau seilwaith mawr fel hyn, gellir disgwyl gwrthwynebiad lleol, ac mae'n debygol y bydd nifer o gyrff anllwywodraethol (NGO) yn rhan o'r gwrthwynebiad i lwybr piblinell.
- d. Mae opsiwn piblinell yn cyfyngu ar hyblygrwydd i Lywodraeth Cymru, ac allyrwyr yng Nghymru. Mae gan uno Cymru'n rhan o un lleoliad storio CO₂ oblygiadau andwyol masnachol, ac nid yw opsiwn piblinell yn darparu ar gyfer israddio wrth i'r galw am allyrrydd CO₂ ostwng yn y dyfodol. Byddai angen meintio'r biblinell o'r diwrnod cyntaf ar gyfer yr uchafswm capasiti a ragwelir ar gyfer Cymru, ac mae hynny'n cyflwyno'r risg i berchennog y

piblinell (T&SCo) y gallai fod ag ased sy'n rhy fawr neu sy'n ddiangen ar ryw bwynt.

- e. Fodd bynnag, mae hefyd yn wir y gallai adeiladu piblinell o'r fath fod yn ddeniadol i allyrwyr eraill yng Nghanolbarth neu Dde-orllewin Lloegr all fod yn agos i lwybr y biblinell, ac a fyddai'n awyddus i fanteisio ar yr opsiwn trafndiaeth a ddarperir gan y biblinell. Gallai hyn olygu bod opsiwn piblinell yn fwy deniadol i T&SCo
- f. Byddai ail-leoli rhan De Cymru'r biblinell drwy lwybr alltraeth (morol) yn ychwanegu oddeutu £5 fesul tunnell at gost yr opsiwn allforio piblinell.

11. Yn dibynnu ar leoliad yr allyrrydd, a graddfa'r allyriadau, mae'r model diwygiedig yn rhagweld y byddai'r opsiwn o gludo CO₂ gyda llong i leoliad storio addas rhwng £100 a £360 fesul tunnell gan gynnwys casglu. Disgwylir i'r costau cludo fod rhwng £5 a £34 fesul tunnell yn fwy drud na'r opsiwn piblinell cyfwerth. Er bod yr opsiwn cludo CO₂ gyda llong ychydig yn ddrytach yn ôl yr amcangyfrif, hyd yn oed wrth gynnwys yr achosion sensitifrwydd, byddai'n rhoi llawer mwy o hyblygrwydd i Lywodraeth Cymru, o ran uwchraddio ac israddio posibl yn y dyfodol. Fodd bynnag, mae'r opsiwn cludo'n cynnwys llawer o heriau, y bydd angen eu datrys, gan gynnwys:

- a. Creu capasiti hylifiad a storio yn hybiau porthladdoedd. Bydd hefyd angen ystyried materion perchnogaeth, caniatâd a mynediad tir ymhellach. Mae'r cynnydd yn y maint storio a gyflwynwyd yn yr achos sensitifrwydd yn gwaethygu'r mater hwn.

- b. Llwybrau'r piblinellau CO₂ o'r allyrwyr i'r porthladd.
- c. Y symudiadau llongau ychwanegol fyddai eu hangen ym mhob porthladd. Yn dibynnu ar faint y llong, y cyfansymiau CO₂ sy'n cael eu hallforio o'r hwb, y lleoliad storio, ac argaeledd y llongau, gall hyn fod yn sylweddol. Hyd yn oed yn yr achos sensitifrwydd argaeledd asedau mae nifer symudiadau llongau'n amrywio o 120 gwaith y flwyddyn yn yr hwb lleiaf (Y Barri) i 260 y flwyddyn yn yr hwb mwyaf (Aberdaugleddau). Mae'r rhain yn niferoedd sylweddol o ymweliadau ychwanegol a gallent gael effaith andwyol ar fynediad porthladd/angori, llygredd lleol (allyriadau llongau), twristiaeth, pysgota a defnydd cymdeithasol/cymunedol lleol o borthladd. Mae'n debygol y byddai angen cefnogaeth carthu a thaliadau llywio hefyd i sicrhau llywio diogel. Nid yw costau ac effeithiau newidiadau o'r fath ar yr ardal leol wedi cael eu cynnwys yn y model hyd yma, ond bydd angen mynd i'r afael â nhw. Fodd bynnag, bydd manteision ynghlwm wrth ffioedd angori/llywio a mwy o gyfleoedd am waith yn lleol wrth ddatblygu'r seilwaith porthladd i ddarparu cyfleuster allforio CO₂.

12. Roedd adborth rhanddeiliaid yn cadarnhau'r angen i Lywodraeth Cymru barhau i gydnabod bod pencadlysoedd llawer o brif allyrwyr Cymru wedi'u lleoli y tu allan i Brydain Fawr. Byddai unrhyw gostau ychwanegol i is-gwmnïau yng Nghymru yn gallu eu gwneud nhw'n anghystadleuol, ym marn y rhiant gwmni, gan gynyddu'r risg o allyriadau alltraeth o ganlyniad.

13. Mae'r dadansoddiad o sensitifrwydd yn rhagweld y byddai angen i feintiau plotiau ar gyfer storio canolradd yn y porthladdoedd gynyddu'n sylweddol ym mhob lleoliad, sef 68% fel arfer.

6 ARGYMHELLION



1. Gan mai'r opsiwn o allforio CO₂ ar long sy'n ymddangos yn strategaeth orau i Dde Cymru, mae'n bwysig bod yr ymagwedd hon yn cael ei hadlewyrchu ym meddylfryd BEIS ar gyfer modelau busnes CCUS. Felly, dylai Llywodraeth Cymru barhau i ymgysylltu â BEIS i sicrhau bod y gwaith sy'n mynd rhagddo ar hyn o bryd o ran datblygu model Cludo heb Biblinell (NPT) ar gyfer allforio CO₂ yn adlewyrchu anghenion Cymru.
2. Nid oedd De Cymru'n cael ei ystyried o fewn dewis BEIS ar gyfer Trac 1 y rhaglen ddilyniannu clwstwr CCUS gan fod yn rhaid i'r safleoedd Trac 1, yn ôl diffiniad BEIS, fod â storfa CO₂. Dylai Llywodraeth Cymru barhau i ymgysylltu â BEIS ar y mater hwn a sefydlu sut gallai De Cymru fod yn llwyddiannus wrth gyflwyno ar gyfer prosiect Trac 2.
3. Er mwyn cyflawni uchelgeisiau sero net Llywodraeth Cymru, bydd angen llawer o ddatrysiadau, ac mae angen i Lywodraeth Cymru gydnabod y gallai arloesedd parhaus ddatblygu datrysiadau newydd i ddatgarboneiddio a fyddai'n effeithio ar yr anghenion cyffredinol ar gyfer storio CO₂. Mae'n bwysig bod pob datrysiad yn cael ei ystyried mewn ffordd holistaidd, ac nid ydynt yn

cystadlu. Felly, dylai Llywodraeth Cymru sicrhau bod ei chynlluniau gweithredu ar newid hinsawdd yn ddigon hyblyg i alluogi'r datblygiad o ystod o ddatrysiadau. Mae hyn yn benodol bwysig yn ystod y camau cyflwyno cynnar, lle dylid annog arloesedd o ran datgarboneiddio, a gwydnwch yn y cynllun. Yn y cyddestun hwn, mae'n bwysig ystyried CCUS yn rhan o becyn o ddatrysiadau, sydd hefyd yn cynnwys opsiynau megis effeithlonrwydd ynni, hydrogen, biodanwyddau a ffynonellau trydan adnewyddadwy.

4. Roedd ymgysylltiad DNV gyda'r storfeydd CO₂ sydd wedi'u cynllunio ar hyn o bryd yn nodi bod capasiti eisoes yn cael ei archebu gan allyrwyr diwydiannol, a llywodraethau mewn rhai achosion. Er ei bod hi'n annhebygol y byddai Llywodraeth Cymru yn gyfrifol am argaeledd storio allyrwyr yng Nghymru, (T&SCo ddylai fod yn gyfrifol am hynny), rydym yn argymhell y dylai Llywodraeth Cymru ymgysylltu gyda'r storfeydd sydd wedi'u cynllunio ar hyn o bryd i sicrhau cytundebau mewn egwyddor ar gyfer capasiti storio sy'n addas ar gyfer anghenion allforio CO₂ posibl allyrwyr Cymru. Mae hyn yn dod yn bwysicach wrth i uchelgeisiau storio gwledydd yr UE ddod yn gliriach, ac wrth i storfeydd y DU ddod yn gyrchfannau tebygol ar gyfer CO₂ o wledydd yr UE hefyd.
5. Mae allforio CO₂ gyda llongau yn parhau i fod yn hanfodol er mwyn cyflawni rhwydwaith CCUS llwyddiannus yng Nghymru. Felly, rydym yn argymhell bod Llywodraeth Cymru'n pennu gweithgor CCUS gyda'r porthladdoedd a gweithredwyr terfynfeydd storio yn Ne Cymru i

ddechrau'r gwaith cynllunio angenrheidiol i sicrhau capasiti yn y porthladdoedd ar gyfer y cyfleusterau hylifiad a storio CO₂ angenrheidiol, yn ogystal â threfniadau docio ac anghenion capasiti mordwyo.

6. Yn dilyn cyhoeddiad BEIS ynghylch clystyrau diwydiannol cyntaf Trac 1, dylai Llywodraeth Cymru ehangu ei chydweithrediad gyda'r prosiect HyNet yng Ngogledd-orllewin Lloegr i sicrhau capasiti digonol yn y prosiect i fodloni anghenion allyrwyr CO₂ yng Ngogledd Cymru.
7. Dylai Llywodraeth Cymru ddechrau ar raglen waith ragweithiol i ddatblygu'r sgiliau angenrheidiol a'r gallu cadwyn gyflenwi yng Nghymru ar gyfer prosiectau CCUS. Bydd y galw am sgiliau sy'n gysylltiedig â datblygiadau CCUS yn cyrraedd o fewn yr un amserlen â nifer o raglenni datgarboneiddio sy'n cystadlu yng ngweddill y DU ac Ewrop, a bydd offer ac adnoddau dynol yn cael eu hymestyn. Mae hyn yn arbennig o wir pan ystyrir y galw am adnoddau ar gyfer gweithgareddau mewn sectorau cyfagos ond perthnasol fel hydrogen, rhwydweithiau nwy, rhwydweithiau trydan a chynhyrchu pŵer adnewyddadwy hefyd.

8. Gan y bydd pob datrysiad CCUS yn gofyn am ddatblygu seilwaith piblinellau lleol o'r allyrwyr i'r hybiau allforio, mae'n bwysig bod Llywodraeth Cymru'n parhau i adeiladu ar y gwaith sydd eisoes wedi'i wneud i sicrhau bod cynllunio a systemau caniatáu'n cael eu halinio ar gyfer datblygiadau carbon isel megis CCUS, i atal tagfeydd posibl yn y broses weithredu.
9. Gan fod canfyddiad y cyhoedd yn allweddol i weithrediad llwyddiannus rhaglenni seilwaith megis CCUS, rydym yn argymhell bod Llywodraeth Cymru'n dechrau ar raglen gyfathrebu ragweithiol i adeiladu cefnogaeth ar gyfer datblygiad CCUS. Byddem yn argymhell canolbwyntio hyn i ddechrau mewn ardaloedd diwydiannol a phorthladdoedd ledled Cymru lle mae gan weithrediad datrysiadau CCUS y potensial i amddiffyn swyddi a chreu manteision cyflogaeth newydd a sylweddol. Fodd bynnag, mae'r mater o storio CO₂ hefyd yn gofyn am bersbectif tymor hir, felly bydd hi'n bwysig cydnabod hyn wrth ystyried lles cenedlaethau'r dyfodol.

7 GEIRFA

Term neu dalfyriad	Ystyr
Acorn	Prosiect CCS yn gweithredu o derfynfa nwy St Fergus sydd â'r nod o gyflwyno CCS yn yr hen feysydd nwy ym Môr y Gogledd megis Golden Eye
BECCS	Bioynni gyda Chasglu a Storio Carbon (ffurf o allyriadau carbon negyddol)
BEIS	Adran Busnes, Menter a Strategaeth Ddiwydiannol Llywodraeth y DU
CCC	Y Pwyllgor ar Newid Hinsawdd
CCGT	Tyrbin Nwy Cylch Caeedig
CCS	Casglu a Storio Carbon
CCUS	Casglu, Defnyddio a Storio Carbon
CO ₂	Carbon deuocsid
DNV	Y cwmni ymgynghoriaeth wnaeth gynnal yr astudiaeth hon i Lywodraeth Cymru
FLEXIS	Consortiwm o bartneriaid strategol – Prifysgol Caerdydd, Prifysgol Abertawe, Prifysgol De Cymru, Cyngor Bwrdeistref Sirol Castell-nedd Port Talbot a Tata Steel UK
GHG	Nwyon tŷ gwydr
H ₂	Hydrogen
HP	Gwasgedd Uchel
HyNet	Prosiect carbon isel yng Ngogledd-orllewin Lloegr sydd â'r nod o ddefnyddio'r hen faes Hamilton ar gyfer CCS
IEAGHG	Asiantaeth Ynni Ryngwladol Nwyon Tŷ Gwydr
LP	Gwasgedd Isel
MP	Gwasgedd Canolig
Net Zero NW	Prosiect yng Ngogledd-orllewin Lloegr sydd â'r nod o ddefnyddio'r hen faes Hamilton ar gyfer CCS.
Northern Endurance Northern Lights	Partneriaeth CCS o BP, Eni, Equinor, Grid Cenedlaethol, Shell a Total yng Ngogledd Ddwyrain Lloegr Prosiect CCS yn Norwy sy'n cael ei redeg gan Equinor
OGA	Awdurdod Olew a Nwy
Spirit Energy	Gweithredwr meysydd nwy Bae Morecambe
SWIC	Clwstwr Diwydiannol De Cymru
T&SCo	Cwmni Trafnidiaeth a Storio
Zero Carbon Humber	Menter i greu clwstwr diwydiannol carbon niwtral yn ardal Humber.



Gwybodaeth am DNV

Mae DNV yn arbenigwr annibynnol mewn rheoli risgiau a sicrwydd, sy'n gweithio mewn dros 100 o wledydd. Drwy ei brofiad helaeth ac arbenigedd manwl, mae DNV yn gwella perfformiad diogelwch a chynaliadwy, yn gosod meincnodau diwydiant ac yn ysbrydoli a chreu datrysiadau.

Wedi'i lywio gan ei ddiben, sef diogelu bywyd, eiddo a'r amgylchedd, mae DNV yn helpu i daclo'r heriau a'r trawsnewidiadau byd-eang y mae ei gwsmeriaid a'r byd heddiw yn eu hwynebu, ac mae'n llais y mae llawer o gwmnïau mwyaf llwyddiannus a blaengar y byd yn ymddiried ynddo.

Yn y diwydiant ynni

Rydym yn rhoi sicrwydd i'r gadwyn gwerth ynni cyfan drwy ein gwasanaethau cynghori, monitro, dilysu ac ardystio. Fel adnodd arweiniol y byd o arbenigwyr ynni annibynnol, rydym yn helpu diwydiannau a llywodraethau i lywio'r newidiadau cymhleth sy'n ymwneud â'i gilydd ac sy'n digwydd yn fyd-eang ac yn rhanbarthol, yn y diwydiant ynni. Rydym wedi ymrwymo i wireddu targedau'r Cytundeb Paris, a chefnogi ein cwsmeriaid i newid yn gynt i system ynni sydd wedi datgarboneiddio.