



Llywodraeth Cymru
Welsh Government

Rhaglen Dystiolaeth Polisi'r Pridd 2020-21

Astudiaeth Gwmpasu Cyfraddau Ffurio Pridd

17 Mehefin 2021

Cod yr adroddiad: SPEP2020-21/09

Nodiadau Cyffredinol

Rhif y Prosiect: SPEP 2020-21/09

Teitl: Astudiaeth Gwmpasu Cyfraddau Ffurio Pridd

Cleient: Llywodraeth Cymru; Uned Polisi Pridd, Adran yr Amgylchedd, Ynni a Materion Gwledig

Dyddiad: 17 Mehefin 2021

Awduron: Andy Tye (Arolwg Daearegol Prydain), Jenny Williamson (UKCEH), David Robinson (UKCEH) Clive Cartwright (Arolwg Daearegol Prydain), Dan Evans (Prifysgol Cranfield)

Rheolwr prosiect Llywodraeth Cymru: Ian Rugg (Llywodraeth Cymru)

Golygydd Technegol: Ian Rugg (Llywodraeth Cymru)



British
Geological
Survey



UK Centre for
Ecology & Hydrology



Geirfa

Gorgors

Mawndir wedi'i ffurfio gan balwdeiddiad, lle bydd pridd mawn wedi ffurfio blanced dros y tirlun. I'w cael gan amlaf ar dirluniau'r ucheldir yng Nghymru. Mae'r rhain yn oligotroffig ac maent yn cael maetholion a dŵr o'r glawiad.

Pridd brown

Priddoedd yw'r rhain lle bydd prosesau pedogenig wedi creu haenlinau yn yr isarwyneb sy'n frown neu'n goch yn bennaf, heb frychni na lliwiau llwyd amlwg (gleio) uwch dyfnder o 40 cm. Maent i'w cael yn eang, yn bennaf ar ddefnyddiau athraidd ac ar uchder o <300m, ac fe'u defnyddir yn gyffredin mewn amaethyddiaeth.

Creigiau cyfunol

At ddiben yr adolygiad hwn, mae'r rhain yn cynnwys DCP sydd wedi'i ffurfio o greigiau gwaddodol, creigiau igneidd a chreigiau metamorffig. Mae'r DCP hyn yn creu deunydd cysefin pridd y priddoedd hynny sydd wedi'u hindreulio'n uniongyrchol o graig, a'r rhain yw ~50% o briddoedd Cymru.

Echlifiant

Cael gwared ar ddeunydd sydd wedi hydoddi neu ddeunydd crog o haen neu haenau o'r pridd drwy symudiad dŵr, pan fydd y glawiad yn fwy na'r anweddiad.

Ffen

Mawndiroedd lle bydd eu dŵr yn dod o lawiad a dŵr daear. Mawndiroedd sy'n gymharol gyforiog o faetholion a mwynau (mwynotroffig).

Priddoedd glei

Mae dau brif fath o briddoedd glei, sef gleiau dŵr wyneb (yn dirlenwi o'r brig) a gleiau dŵr daear (yn dirlenwi o'r gwaelod). Mae gleiau dŵr wyneb fel arfer yn cael eu ffurfio o fathau o DCP sy'n troi'n athraidd yn araf, tra bo gleiau dŵr daear yn gleiog, ac yn aml yn ffurfio mewn DCP athraidd ond yn cael eu gorlifo gan lefel trwythiad anwadal. Mae modd adnabod gleio drwy frychni coch / llwyd, sef canlyniad adweithiau ocsidio-rhydwytho cemegol oherwydd absenoldeb ocsigen.

Haenlino

Bydd priddoedd yn datblygu haenlinau (Brady a Weil, 2010) drwy broses gyfun, sef: (1) deunydd organig yn dyddodi a dadelfennu; (2) mewnlifiad cleiau, ocsidau a chyfansoddion symudol eraill tuag i lawr gyda'r ffrynt gwlychu; a (3) newid yn adeiledd y pridd (e.e. haenlin Bw)

Mewnlifiad

Deunydd pridd wedi hydoddi neu ddeunydd pridd crog yn cronni mewn un ardal neu haen o ganlyniad i drwytholchiad (trylifiad) o un arall. Fel arfer bydd clai, haearn neu hwmws yn llifo allan ac yn ffurfio llinell gydag ansawdd a lliw gwahanol.

Lessivage

Lessivage yw cludo gronynnau clai ynghrog i lawr proffil pridd

Gwern

System sy'n ffurfio mawn. Hefyd wedi'i diffinio o dan gyfarwydddeb cynefinoedd yr UE fel "cors actif" – system sy'n cefnogi ardal sylweddol o lystyfiant sy'n ffurfio mawn (Lindsay et al 2014)

Pridd mwynol-organig

Diffiniad cyffredinol o briddoedd mwynol-organig yw bod ganddynt haenlin ar yr arwyneb neu uwchbridd sy'n gymharol gyforiog o ddeunydd organig neu fawn, ond sydd â thrwch o < 40 cm. Maent

yn cynnwys priddoedd rancer, priddoedd rendsina, priddoedd podsolig a phriddoedd glei. Mae'r rhain wedi'u diffinio ymhellach yn ôl tri math o briddoedd mwynol-organig: (1) Uwchbridd hwmos sydd â thrwch o fwy na 15 cm; (2) Lôm mawnog neu uwchbridd tywod mawnog sydd â thrwch o fwy na 15 cm; neu (3) Mawn sydd â thrwch o lai na 40 cm yn dechrau ar yr arwyneb neu ger yr arwyneb, neu â thrwch o lai na 30 cm lle bydd y mawn yn gorwedd yn uniongyrchol ar greigwely.

Mawn

Priddoedd organig yw'r rhain yn bennaf, yn deillio o weddillion planhigion sydd wedi dadelfennu'n rhannol, a'r rheini'n cronni o dan amodau dyfrlawn. Yng Nghymru a Lloegr, diffinnir priddoedd mawn fel y rheini sydd â dyfnder o fwy na 40 cm (neu 30 cm os ydynt yn gorwedd yn uniongyrchol ar graig), lle bydd 20% o'r deunydd yn ddeunydd organig yn ôl y pwysau sych.

Uwchbridd mawnog

Term a ddefnyddir gan Claydon a Hollis 1984 (T.13) ac sy'n cyfeirio at safle ar y diagram cyfeirio ar gyfer priddoedd mawn. Haenlin fawnog yw uwchbridd mawnog, gyda thrwch o 7.5-40 cm, yn gorchuddio craig neu bridd mwynol. Gellir ei alw yn 'Rancer' hefyd.

Priddoedd podsol

Priddoedd sydd â haenlin du, brown tywyll neu ocradd yn yr isarwyneb, yn deillio o gyfuniad o haearn, alwminiwm neu ddeunydd organig yn cronni'n bedogenig. Maent yn ffurfio o dan amodau hindreuliad asid. O dan lystyfiant naturiol neu led naturiol, mae ganddynt haen asid organig sydd heb ei hymgorffori ar yr arwyneb. Yng Nghymru, gall priddoedd podsol ffurfio amryw o DCP gan gynnwys tywodfaen, sialau a chreigiau igneidd/metamorffig.

Cyforgors

Gan amlaf, cors yn yr iseldir sy'n ffurfio fel cam olaf daearoli. Mae'r rhain yn oligotroffig gan eu bod wedi'u hynysu o ddŵr daear, felly o lawiad y daw'r mwynau a'r dŵr.

Cydgymuned Pridd

Mae map dosbarthu priddoedd 250k Arolwg Pridd Cymru a Lloegr wedi'i seilio ar godau cydgymunedau (Avery, 2980). Mae gan bob cydgymuned god sy'n gysylltiedig â'r prif grŵp pridd, y grŵp pridd, a'r is-grŵp amlycaf. Er enghraifft:

Cydgymuned 654a yw cydgymuned Hafren

Mae priddoedd cyfres Hiraethog yn amlwg iawn yng nghydgymuned Hafren, sy'n perthyn i is-grŵp 6.5.1, sef 'Stagnopodsolau cletir haearn'

Mae is-grŵp 6.5.1 yn israniad o grŵp pridd 6.5, sef 'Stagnopodsolau'

Mae grŵp 6.5 yn rhan o brif grŵp 6, sef 'Priddoedd Podsolig'

Ffurfiant Pridd

Y broses lle bydd pridd yn ffurfio o ganlyniad i ryngweithio dros amser rhwng y deunydd cysefin (craig), yr hinsawdd, y topograffi, ac organebau. Pedogenesis yw'r enw arall arno, ac mae'n cynnwys cynhyrchu pridd, haenlino ac adeiladu at i fyny.

Deunydd Cysefin Pridd (DCP)

Deunydd cysefin pridd yw'r deunydd daearegol y bydd priddoedd yn ffurfio ohono neu arno, ac mae'n aml yn cael ei alw yn haenlin 'C' neu'n haenlin 'R', sy'n dynodi creigwely caled neu galed iawn. Dyma brif ffynhonnell deunydd sy'n gallu hindreulio

Cynhyrchu Pridd

Cynhyrchu pridd yw'r broses lle bydd creigwely yn hindreulio yn bridd. Mae'r ffwythiant cynhyrchu pridd yn dangos sut mae trwch y pridd sy'n gorchuddio'r creigwely yn effeithio ar gyfradd trawsnewid

creigwely i bridd. Gall cynhyrchu pridd hefyd ddigwydd yr un pryd ag y bydd pridd yn adeiladu at i fyny (gweler isod), gan alluogi'r pridd i dewychu o'r gwaelod a'r top.

Proffil Pridd

Colofn fertigol o bridd, fel un agored mewn pwll, fel arfer yn cynnwys haenau sy'n cael eu galw'n haenlinau, sy'n gyfochrog yn fras ag arwyneb y ddaear. Mae'n cyrraedd deunydd sydd heb ei newid rhyw lawer, sy'n cael ei alw'n greigwely

Solwm

Diffinnir y solwm fel yr arwyneb a haenau isbridd proffil pridd lle mae'r un amodau wedi bod yn berthnasol wrth i'r pridd ffurfio. Gwaelod y solwm yw'r deunydd cysefin sydd heb ei hindreulio rhyw lawer

Dyddodion anghyfunol

Mae'r rhain yn cynnwys dyddodion arwynebol sy'n gorwedd ar ben creigiau cyfunol, ac sydd wedi'u ffurfio drwy broses o erydiad a dyddodiad. Gall y rhain gynnwys DCP sydd wedi'i erydu gan ddŵr (llifwaddod), dyddodion gwynt neu ddyddodion aeolaidd a DCP sydd wedi'i gynhyrchu drwy erydiad a dyddodiad rhewlifol

Adeiladu at i fyny

Er bod y broses o gynhyrchu a ffurfio pridd yn aml yn cael ei gweld fel proses sy'n digwydd o'r top i lawr, gall pridd ffurfio hefyd drwy adeiladu at i fyny. Gall adeiladu at i fyny ddigwydd yr un pryd â phroses gynhyrchu pridd, sy'n golygu y gall y priddoedd fod yn tewychu i ddau gyfeiriad. Gall hyn fod drwy ddyddodiad gwaddod (e.e. drwy brosesau erydiad a dyddodiad) neu wrth i'r proffil pridd dewychu wrth i ddeunydd organig gronni yn sgil dylanwadau'r hinsawdd a draenio gwael.

Crynodeb gweithredol

Mae pridd yn adnodd cyfyngedig, ac er mwyn sicrhau ei fod yn gynaliadwy, mae angen ystyried gwybodaeth am y prosesau a'r cyfraddau sydd ynghlwm wrth ei ffurfiant. Yn gynyddol, mae'r cysyniad o rychwantau oes priddoedd yn cael ei ddefnyddio i roi sylw i faterion sy'n ymwneud â chydbwysu cyfraddau colli pridd a chyfraddau ffurfio pridd. Mae'r astudiaeth gwmpasu hon yn ceisio asesu ffurfiant pridd yng Nghymru, gan ddefnyddio gwybodaeth o'r sylfaen dystiolaeth fyd-eang ynghylch cyfraddau 'cynhyrchu' (ffurfiant pridd o greigwely) a ffurfiant a datblygiad proffiliau pridd. Cyflwynir y wybodaeth hon yng nghyd-destun Cymru.

Mae ffurfiant a datblygiad pridd yn dilyn y cysyniadau a geir yn hafaliad Jenny (1941):

$$\text{Pridd} = f(\text{Cl}, \text{O}, \text{R}, \text{P})t$$

Lle mae priddoedd yn ffwythiant (f) hinsawdd (Cl), Organebau (O), Tirwedd (R); Deunydd cysefin (P) yn amodol ar Amser (t). Mae'r astudiaeth gwmpasu hon yn asesu ffurfiant pridd Cymru yn y cyd-destun hwn. Mae'r broses o asesu ffurfiant pridd yn yr astudiaeth gwmpasu hon wedi'i seilio i raddau helaeth ar ddeunydd cysefin pridd (daeareg), ac mae nifer o'r priodweddau sy'n rhan o ffurfiant a datblygiad pridd (e.e. gwead, mwynoleg) yn deillio o'r deunydd hwn. Ceir tri phrif grŵp pridd yn nhirlun Cymru, sef priddoedd brown (30.2%), gleiau dŵr wyneb (24.4 %), a phodsolau (32.3 %). Caiff podsolau eu ffurfio'n gyffredinol yn uniongyrchol o ddeunyddiau cysefin fel tywodfeini a cherrig llaid. Caiff priddoedd a gleiau dŵr daear eu ffurfio'n bennaf mewn dyddodion drifft trwchus (til rhewlifol). Ynghyd â deunydd cysefin, mae tirwedd a hinsawdd (a'r dyodiad yn enwedig) hefyd yn hanfodol i ddatblygiad priddoedd Cymru, a hynny pan fydd hi'n amlwg bod mathau o briddoedd yn bodoli mewn rhannau allweddol o'r tirlun, a phan fydd priodweddau draenio a'r dirwedd yn rheoli dynameg gwlybanaeth yn system y pridd, a hynny'n hanfodol ar gyfer prosesau ffurfio. Mae'r dirwedd a'r hinsawdd hefyd yn dylanwadu ar y mathau o lystyfiant sy'n cyfrannu at ffurfiant priddoedd mwynol-organig yng Nghymru (~20% o arwynebedd Cymru) a phriddoedd mawn (~3.3 % o arwynebedd Cymru), ac mae'r rhain yn hynod bwysig fel storfeydd carbon organig.

Er mwyn deall sut y bydd pridd yn cael ei gynhyrchu a'i ffurfio, mae'n hollbwysig gallu dyddio faint o amser a gymerodd i gynhyrchu'r proffil pridd neu i haenlino ddigwydd. Mae hyn yn golygu bod modd canfod y cyfraddau cynhyrchu neu'r cyfraddau ffurfio. Dangosodd adolygiad o'r dulliau sydd ar gael i ddyddio priddoedd na ellir defnyddio un dull yn unig, a byddai angen i'r dulliau a ddefnyddir fod yn addas ar gyfer y math o bridd a'r deunydd cysefin dan sylw. Gallai'r rhain gynnwys defnyddio radioniwclidau cosmogenig ar gyfer priddoedd lle mae cwarts sylweddol yn bresennol, neu ddyddio

carbon organig neu haenlinau tywod sydd wedi'u gorchuddio â gwaddod sy'n cronni. Ar gyfer sawl math o bridd yng Nghymru, efallai nad oes dulliau addas ar gael, a gellid defnyddio brasamcan trefn un o amser. Yng Nghymru, a oedd wedi'i gorchuddio â ia yn ystod y cyfnod rhewlifol diwethaf, ystyrir bod pob pridd wedi dechrau datblygu ~10000 o flynyddoedd yn ôl, ar ôl i'r iâ encilio.

Wrth asesu cyfraddau cynhyrchu a ffurfio pridd, aeth yr astudiaeth gwmpasu ati i gategoreiddio deunydd cysefin pridd mewn tri phrif grŵp, sef Creigiau cyfunol (creigiau caled), Creigiau anghyfunol (deunyddiau cysefin pridd yn deillio o erydiad, fel til rhewlifol, llifwaddod, casgliad) a Phriddoedd organig (priddoedd mwynol-organig, mawn). Mae priddoedd sydd wedi'u ffurfio o greigiau cyfunol yn gorchuddio ~54 % o Gymru tra bo priddoedd o greigiau anghyfunol yn gorchuddio ~37% o'r wlad. Mae mawn yn gorchuddio ~3.3% o Gymru. Yng ngogledd y wlad y ceir yr ardaloedd di-dor mwyaf o briddoedd sydd wedi'u ffurfio o greigiau anghyfunol, tra bo mawn hinsoddol a phriddoedd mwynol-organig yn gyffredinol i'w canfod ar dir uwch na thua 300-400m a lle bydd cynhwysedd maes gwlybanaeth y pridd yn > 300 diwrnod y flwyddyn. Nid oedd unrhyw gyfraddau 'cynhyrchu' pridd penodol ar gael yng Nghymru ar gyfer creigiau cyfunol. Dadansoddwyd stocrestrau byd-eang i ganfod y cyfraddau hynny a allai fod yn berthnasol ar sail y math o graig neu'r hinsawdd. Mae data ar gyfer pridd gwenithfaen yn ne-orllewin Lloegr yn dangos mai rhwng 0.01 a 0.02 mm yr⁻¹ yw'r cyfraddau cynhyrchu pridd yno. Yn achos tywodfaen meddal yng nghanolbarth Lloegr, cofnodwyd cyfraddau cynhyrchu o hyd at 0.2 mm yr⁻¹. Mae'r rhain yn gyfraddau pen rhesymol ar gyfer caledwch daearegol. Roedd y cyfraddau hyn yn cyd-fynd ag ystod o gyfraddau rhyngwladol a gafwyd o system dosbarthu hinsawdd Köppen, sef rhwng 0.004 a 0.193 mm yr⁻¹ yn y categori CfB (hinsawdd cefnforol), yn dibynnu a yw'r deunydd cysefin yn graig galed ynteu feddal. Dyma ystod addas i Gymru ar sail y wybodaeth sydd ar gael ar hyn o bryd. Y brif ffordd o asesu ffurfiant pridd mewn creigiau anghyfunol yw drwy ganfod yr amser mae'n ei gymryd i haenlinau ddatblygu. Drachefn, nid oedd data penodol ar gyfer Cymru ar gael. Data o ranbarth y Baltig ar gyfer datblygiad Podsol oedd yn rhoi'r tebygrwydd gorau ar gyfer hinsawdd Cymru. Ar sail y data hyn, gallai gymryd tua ~100 o flynyddoedd i weld haenlinau pridd yn datblygu, a miloedd isel o flynyddoedd i weld aeddfedrwydd yn y proffil pridd. Mae'r ystodau ffurfio hyn yn ffigurau bras ar gyfer datblygiad proffiliau pridd o amgylch y byd, a gellid eu cymhwyso i Gymru.

Ystyriwyd y cyfraddau cynhyrchu pridd a ddewiswyd ar gyfer Cymru yng nghyd-destun cyfraddau erydu Cymru, a chyfraddau erydu glaswelltir yn enwedig. Glaswelltir a ddefnyddir yn bennaf mewn amaethyddiaeth. Gellid ystyried erydiad cyffredinol pridd yn yr un bandiau cyffredinol â'r rhai ar gyfer cynhyrchu. Fodd bynnag, rhaid cofio y gall erydiad fod yn lleol iawn ac yn ddwys, a dyma pryd mae'n debygol y bydd y cyfraddau erydu yn uwch na'r cyfraddau cynhyrchu. Gwneir awgrymiadau ar gyfer

sut y gellid cymhwyso cysyniadau ynghylch cyfraddau ffurfio pridd yn ofodol i adnodd pridd Cymru, gan fod ffurfio cysyniad o rychwant oes priddoedd yn un o'r nodau. Mae'r prif bwyntiau a drafodir yn cynnwys sut y gellid cynyddu'r prinder gwybodaeth sydd ar gael o ran mapio gofodol a thrwy ddefnyddio mapiau pridd. Ffactor o bwys i'w ddatrys yw gwella'r setiau data sydd ar gael ar hyn o bryd ynghylch ffurfio a chynhyrchu pridd, yn fyd-eang ac yn fwy penodol yng Nghymru. At hynny, mae angen mwy o ddata am erydiad sy'n benodol yn perthyn i Gymru.

CYNNWYS

CYFLWYNIAD	1
Y prif ysgogiadau polisi yng Nghymru	1
CAM SONARR 1: CYFLWYNIAD I'R ECOSYSTEM NEU I'R THEMA.....	3
DIFFINIADAU AR GYFER FFURFIO/CYNHYRCHU PRIDD – PENDERFYNU AR Y TERMAU AR GYFER Y DYFODOL	3
FFACTORAU FFURFIO PRIDD YNG NGHVD-DESTUN CYMRU	9
AROLYGU A MONITRO'R PRIDD YNG NGHVMRU.....	13
CAM SONARR 2: FFRAMWAITH I ASESU CYFLWR PRIDD	14
CYFLWR A THUDDIADAU MEWN ADNODDAU NATURIOL A'R DULLIAU RHEOLI PRESENNOL	14
DOSBARTHU A MAPIO PEDOGENESIS YNG NGHVMRU	15
Y RHYNGWEITHIO RHWNG DEUNYDD CYSEFIN PRIDD A CHYDGYMUNEDAU PRIDD	17
MODELAU FFURFIANT PRIDD YNG NGHVMRU: NEWIDYNNAU CYFLWR JENNY, LLEOLIAD A THIRLUN	24
Y RHYNGWEITHIO RHWNG NEWIDYNNAU CYFLWR JENNY A PHEDOGENESIS YM MHRIDDOEDD CYMRU.....	26
Deunydd cysefin pridd ac adeiledd.....	26
Ystyriaethau'n ymwneud â bioleg pridd	27
CAM SONARR 3: CADERNID – DULLIAU AR GYFER CANFOD TUDDIADAU AR SAIL CYFRADDAU FFURFIO.....	28
DULLIAU AR GYFER CREIGIAU CYFUNOL	28
Dadansoddi radioniwclidau cosmogenig	29
Isotopau Cyfres U:.....	31
Cyfyngiadau	32
Dehongliadau daearegol a geomorffolegol	36
Techneg trwch proffil-oedran yr arwyneb (SAST):	36
Amser preswyllo pridd gan ddefnyddio ¹⁰ Be Meteorig.....	37
DYDDIO DEUNYDDIAU MEWN PROFFIL PRIDD.....	38
¹⁴ C.....	38
¹³⁷ Cs a ²¹⁰ Pb.....	39
Ymoleuedd optegol (OSL) a thermol (TL).....	40
Dulliau sy'n dyddio prosesau pridddegol.....	41
Dulliau ar gyfer canfod ffurfiant Mawn	43
Dulliau sy'n edrych ar groniad Mawn	43
Y dulliau a ddefnyddir i asesu haenlino yn y proffil pridd	44
Haenlino yng nghyd-destun Cymru	44
Methodolegau ar gyfer asesu newidiadau a chyfraddau haenlino.....	45
Dulliau ar gyfer asesu Pedogenesis – Hindreuliad a datblygiad haenlinau pridd	45
Ffactorau Darwagio Cemegol (CDF).....	46
Hafaliadau màs cytbwys.....	46

Defnyddio ‘Dilyniannau Pridd’ i asesu ffurfiant a datblygiad haenlinau	47
CYFRADDAU FFURFIO PRIDD – ADOLYGU’R LLENYDDIAETH FYD-EANG.....	49
Creigiau cyfunol	49
Effeithiau topograffi a llethr.....	52
Asesu cronfeydd data o drwch y solwm yng Nghymru	54
Priddoedd llifwaddodol.....	55
Priddoedd casglifol.....	56
Priddoedd mwynol-organig.....	57
Mawn, priddoedd mwynol-organig ac uwchbriddoedd mawnog.....	61
Cyfraddau haenlino proffiliau pridd a gafwyd o gronoddilyniannau – adolygiad byd-eang	66
Podsolau	66
Priddoedd brown	68
Cymharu mathau o briddoedd	69
ASTUDIAETHAU ERAILL O DDILYNIANNAU PRIDD SY’N YMWNEUD Â NEWID YM MHRIDWEDDAU PRIDD	70
Climoddilyniannau a hindreulio mwynol	70
Cronoddilyniannau a mwynoleg	70
Cronoddilyniannau a dynameg carbon organig	71
DYLANWAD NEWID DEFNYDD TIR AR DDATBLYGIAD HAENLINO A FFURFIANT PRIDD	72
EFFEITHIAU NEWIDIADAU I FFACTORAU CYFLWR JENNY – YR HINSAWDD	74
ASESIAD O FFURFIANT PRIDD YNG NGHYMUR AR RADDFA GENEDLAETHOL	75
CAM 4 SONARR: GWASANAETHAU ECOSYSTEMAU	77
CAM 5 SONARR: OPSIYNAU AR GYFER RHEOLI MWY CYNALIADWY	79
Y PRIF FYLCHAU MEWN GWYBODAETH	79
PRIDDOEDD MWYNOL-ORGANIG A MAWN	83
RHEOLI.....	84
NEWID AMGYLCHEDDOL	85
DATA.....	86
CRYNODEB A’R PRIF YSTYRIAETHAU I GYMRU.....	87
CANOLFANNAU RHAGORIAETH.....	93
OPSIYNAU I DDATBLYGU GWYBODAETH AM FFURFIANT PRIDD YNG NGHYMUR	97
Opsw 1: Dull wedi’i seilio ar fapio’r dystiolaeth bresennol (Opsw cost isel)	97
Opsw 2: Dull wedi’i seilio ar gyfrifo màs cytbwys (Opsw cost canolig):	98
Opsw 3: Dull wedi’i seilio ar ymgyrch fesur newydd (Opsw cost uchel)	99
Atodiad 1: Cyfeiriadau	101
Atodiad 2: Rhestr gyfeirio ar gyfer adran 5.3.....	112

Tabl o'r Ffigurau:

Ffigur 1: Cynrychioliad o broffil pridd (Ffynhonnell: https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_horizon) ...	4
Ffigur 2: Dosraniad deunyddiau cysefin pridd yng Nghymru ar sail daeareg creigiau cyfunol a chreigiau anghyfunol ac is-haenau organig (mawn). Mae'r mannau gwag yn dynodi nad yw'r priddoedd sy'n bresennol yn perthyn i'r un o'r tri chategori DCP a ddefnyddir yn y gwaith hwn. Byddai'r rhain yn cynnwys 'uwchbriddoedd mawnog' lithomorffig Cydgymunedau Revidge a Bangor, priddoedd llifwaddodol morol, a phriddoedd moel daearol (twyni tywod). Gweler Ffigur 3.	11
Ffigur 3: Dosraniad y prif grwpiau pridd yng Nghymru ar sail diffiniadau Arolwg Pridd Cymru a Lloegr	18
Ffigur 4: Dosraniad deunydd cysefin pridd yng Nghymru ar sail dosbarthiadau Swyddfa Pridd Ewrop. Mae'r diffiniadau yn Nhabl 4.	18
Ffigur 5: Perthynas priddoedd, yr hinsawdd a thirwedd yng Nghymru. Ffynhonnell: Rudeforth et al. 1984	25
Ffigur 6: Perthynas tirwedd, hydroleg a ffurfiant pridd yng Nghymru. Ffynhonnell: Rudeforth et al. 1984	25
Ffigur 7: Dosbarthiad ¹³⁷ Cs mewn safle cyfeirio (a), safle erydol (b), a safle dyddodol (c). Sylwer bod crynodiad yr ¹³⁷ Cs yn uwch yn y safle dyddodol nag yw ar y stocrestr. Ffynhonnell: Porto et al. (2013)	40
Ffigur 8: Delweddau o broffiliau pridd (a) podsol, (ii) glei a (iii) daear frown, yn dangos haenlino .	45
Ffigur 9: Cromliniau nodweddiadol sy'n disgrifio cyfradd ffurfiant pridd. Ffynhonnell: Stockmann et al. 2011	48
Ffigur 10: Stocrestr fyd-eang o gyfraddau cynhyrchu pridd sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer chwe math o brif hinsoddau Köppen (top) a litholegau (isod). Aw=Safana trofannol; Bsk=Oer lletgras; Bwk=Diffeithdir oer; Cfa=Isdrofannol llaith; Cfb=Hinsawdd cefnforol; Csb=Haf cynnes Mediteranaidd.....	50
Ffigur 11: Cyfraddau ffurfio pridd byd-eang sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer y tri phrif litholeg	51
Ffigur 12: Cyfraddau cynhyrchu pridd a'r safle ar lethrau mewn pedwar lleoliad yn Lloegr, gyda thywodfaen yn greigwely ac yn ddeunydd cysefin y pridd (Evans 2020).....	53
Ffigur 13: Ffwythiant Dosraniad Cronnus amcangyfrifon o groniad pridd llifwaddodol ar orlifdiroedd, wedi'u mesur drwy ailddosraniad ¹³⁷ Cs a ²¹⁰ Pb yng Nghymru a Lloegr	56
Ffigur 14: Olyniaeth mewn mawndiroedd. Y broses (daeareoli neu olyniaeth sy'n tarddu o ddŵr) lle bydd pwll yn llenwi dros amser ac yn ffurfio mawndir: (a) Twf llystyfiant o amgylch yr ochrau; (b) migwyn yn cytrefu a mawn yn dechrau cronni; (c) map arnofiol yn ffurfio tuag at y canol; (d) y pwll bron wedi'i fewnlenwi'n llwyr a phalwdeiddiad i mewn i'r coetir; (e) cyforgors yn ffurfio pan fydd y mewnlenwi wedi'i gwblhau. Ffynhonnell: Craft, 2015.	63

Penawdau'r Tablau

Tabl 1: Y ganran o orchudd tir a orchuddir gan y prif grwpiau pridd yng Nghymru, ynghyd â'u prif ddisgrifiyddion.....	16
Tabl 2: Y ganran o arwynebedd tir sy'n gysylltiedig â phob dosbarth o ddeunydd cyffredin a ddiffinnir gan yr ESB. Mae dosbarthiadau 100, 200, 300 a 400 yr ESB yn cynrychioli'r grŵp 'Cyfunol' a ddefnyddir yn ddiweddarach yn yr adolygiad hwn. Mae dosbarthiadau 500 a 600 yn ffurfio'r grŵp 'Anghyfunol' a ddefnyddir yn yr adolygiad hwn, tra bo deunyddiau organig yn cynrychioli'r grŵp 'Mawn'.	16
Tabl 3: % y prif grwpiau pridd sy'n gysylltiedig â deunyddiau cysefin yn ôl Arolwg Pridd Cymru a Lloegr (SSEW). Mae codau cyfatebol Swyddfa Pridd Ewrop (ESP) ar gyfer y deunyddiau cysefin i'w gweld ar hyd y top. Mae rhai cydgymunedau pridd i'w cael yn helaeth, e.e. Manod 18.04% (Podsolig); Hafren 6.36% (Podsolig); Cegin 7.19% (Gleiau dŵr wyneb); Denbigh 9.73% (Priddoedd brown); Milford 5.13% (Priddoedd brown).....	19
Tabl 4: Arwynebedd pob un o'r prif grwpiau pridd sy'n gysylltiedig â dosbarthiad deunydd cysefin pridd yr ESB (km ²).....	20
Tabl 5: Y berthynas rhwng arwynebedd (%) y prif grwpiau pridd ac is-gategoriâu codau'r ESB sy'n cyfateb i ddosbarthiadau deunydd cysefin SSEW.....	21
Tabl 6: Y berthynas rhwng gorchudd dosbarth tir yr ITE a phrif grwpiau pridd NATMAP yng Nghymru (km ²)	22
Tabl 7: Y berthynas ofodol rhwng y math o ecosystem (Organebau, planhigion a rheoli) a phrif grwpiau pridd yr SSEW a geir yng Nghymru (km ²).....	23
Tabl 8: Crynodeb o'r cyfyngiadau o ran logisteg a dadansoddi, a'r tybiaethau sy'n ymwneud â'r gwaith arbrofi.....	33
Tabl 9: Y prif ddyddodion DCP anghyfunol a geir yng Nghymru	35
Tabl 10: Adolygiad o'r dulliau a ddefnyddir i ddyddio proffiliau gwaddod anghyfunol.....	42
Tabl 11: Crynodeb o'r ystadegau ar gyfer cyfraddau cynhyrchu pridd byd-eang sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer chwe math o brif hinsoddau Köppen. Y rhes sydd wedi'i chysgodi, sef hinsawdd Cfb, yw'r un sy'n fwyaf perthnasol i hinsawdd Cymru (Hinsawdd Cefnforol)	51
Tabl 12: Crynodeb o'r ystadegau ar gyfer cyfraddau cynhyrchu pridd byd-eang sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer y tri phrif litholeg.....	52
Tabl 13: Dyfnderoedd y solwm ar gyfer y prif gyfresi pridd a'u Cydgymunedau yng Nghymru (ar ôl Rudeforth et al. 1984)	55
Tabl 14: Adolygiad o gyfraddau erydu pridd yn sgil dŵr mewn amaethyddiaeth â'r yng Nghymru a Lloegr, ar sail gwedd y pridd.	57
Tabl 15: Cyfraddau'r cynnydd yn nhrwch haenlinau hwmws* podsolau tywodlyd yn rhanbarth y Baltig yn ystod gwahanol gyfnodau yn natblygiad pridd (cm / 100 mlynedd) ar sail y model brig i lawr	67
Tabl 16: Trwch datblygiad haenlinau podsolau yn y Ffindir dros 1800 o flynyddoedd. Mae'r haenlinau'n cynnwys pob gwahaniaethiad o haenlinau (e.e. Bydd Bs yn cynnwys Bs, Bhs, Bc) er mwyn symleiddio'r modd y cyflwynir y canlyniadau.....	67
Tabl 17: Cyfraddau cynnydd haenlino a phriodweddau pridd dros amser mewn Lwffisolau (cm/100 o flynyddoedd). Mae'r ffigurau mewn cromfachau yn cynrychioli màs y deunydd sydd wedi cronni neu wedi'i waredu.....	69
Tabl 18: Amseroedd nodweddiadol datblygiad pridd gan Alexandrovskiy (2007)	69
Tabl 19: Awgrym o gyfraddau cynhyrchu pridd 'trefn un' ar gyfer gwahanol ddeunyddiau cysefin pridd yng Nghymru o greigiau cyfunol	76
Tabl 20: Amcangyfrifon trefn un o'r amser mae'n ei gymryd i haenlinau ddatblygu ac aeddfedu. Mae hyn yn cynnwys cyfradd adeiladu (3) deunydd organig, a thybir hefyd mai dyma gyfradd adeiladu at i fyny haenau organig mewn priddoedd mwynol-organig.....	77
Tabl 21: Manylion y dadansoddiadau y byddai eu hangen dan yr opsiwn cost uchel.....	100

CYFLWYNIAD

Mae priddoedd yn hanfodol i gymdeithas, gan eu bod yn darparu bwyd a dŵr glân, yn rheoli'r hinsawdd, yn gyfrwng i ailgylchu gwastraff, ac yn cynnal tua chwarter o fioamrywiaeth y byd. Mae rhoi cofnod o gyfraddau ffurfio a cholli pridd yn uchelgais bwysig er mwyn rhoi sail i reoli'r adnodd hwn yn gynaliadwy yn y dyfodol. *'Crynnodiad carbon a deunydd organig mewn pridd'* yw dangosydd 13 o'r 46 dangosydd cenedlaethol yn adran 10(1) o Ddeddf Llesiant Cenedlaethau'r Dyfodol (Cymru) 2015, ac mae hynny'n dangos pwysigrwydd priddoedd i gymdeithas yng Nghymru.

Y prif ysgogiadau polisi yng Nghymru

Yng Nghymru, mae Deddf yr Amgylchedd (Cymru) (2016) yn sicrhau bod y nodau a geir yn 'Neddf Llesiant Cenedlaethau'r Dyfodol (2015)' yn cael eu cyflawni. Ynghyd, maent yn hyrwyddo rheoli adnoddau naturiol yn gynaliadwy yng Nghymru. Mae'r weithdrefn sy'n gysylltiedig â'r 'Adroddiad ar Sefyllfa Adnoddau Naturiol (SoNaRR)', sy'n cael ei gyhoeddi mewn cylch o 5 mlynedd, yn cofnodi gwybodaeth am gyflwr adnoddau naturiol a sut maent yn newid. Mae'r weithdrefn hon yn defnyddio dull pum cam sy'n cynnwys y fframwaith Ysgogwyr-Pwysau-Cyflwr-Effaith-Ymateb (DPSIR) a phedwar mesur ar gyfer rheoli adnoddau naturiol yn gynaliadwy, gan gynnwys:

1. Mae adnoddau naturiol yn cael eu diogelu a'u gwella
2. Mae ecosystemau yn gallu gwrthsefyll newid disgwyledig ac anrhagweledig
3. Mae gan Gymru leoedd iach ar gyfer pobl, a'r rheini wedi'u diogelu rhag peryglon amgylcheddol
4. Mae Cymru'n cyfrannu at economi gylchol gyda defnydd mwy effeithlon o adnoddau naturiol

Priddoedd yw un o'r adnoddau naturiol y mae'n rhaid adrodd amdanynt, gyda SoNaRR yn dynodi'r gofynion ar gyfer bylchau yn y wybodaeth a'r dystiolaeth. Mae un o'r bylchau hyn mewn tystiolaeth yn ymwneud â'r cydbwysedd rhwng **Cyfraddau ffurfio a cholli pridd**. Nid oes dealltwriaeth dda yng Nghymru o gyfraddau ffurfio pridd nac o gyfraddau colli pridd. Mae rhywfaint o waith yn mynd rhagddo neu wedi'i gynnig gan amryw o sefydliadau ar golli pridd drwy foddu, arsylwi'r ddaear, a mesuriadau maes (e.e. Tye a Robinson, 2020). Mae angen rhagor o ddealltwriaeth o gyfraddau ffurfio pridd er mwyn deall pa mor addas yw'r defnydd o bridd mewn amryw o weithgareddau sy'n defnyddio'r tir, ac o ran y mathau o briddoedd a'r ystodau hinsoddol. Y prosiect hwn yw'r cam cyntaf i ddeall pa waith ymchwil sydd wedi'i wneud yn y maes hwn; ei berthnasedd i Gymru; a natur bosibl unrhyw astudiaeth Gymreig a gaiff ei chynnal. Bydd deall y cydbwysedd hwn yng Nghymru yn helpu pobl i wneud penderfyniadau yn y dyfodol, gan fod pridd yn sylfaen i gynhyrchu bwyd ac i wasanaethau ecosystemau. Gall penawdau fel 'dim ond 100 neu 60 o gynaeafau ar ôl' fod yn gamarweiniol (Wong, 2019). Bydd yr adroddiad hefyd yn cyfrannu at feysydd eraill gan gynnwys:

- **Deall y pwyntiau tyngedfennol yng Nghymru**
- **Gwybodaeth am gyflwr safleoedd geoamrywiaeth anstatudol (RIGS)**
- **Cyflwr priddoedd ar hyn o bryd a'r tueddiadau presennol yng Nghymru, pa mor fregus yw'r priddoedd hyn, a'u gallu i wrthsefyll defnydd tir, camau i reoli tir, a hinsawdd a phatrymau tywydd sy'n newid.**

Mae'r adroddiad wedi'i strwythuro gan ddefnyddio'r pum cam a geir yn SoNaRR fel dull o adrodd.

CAM SONARR 1: CYFLWYNIAD I'R ECOSYSTEM NEU I'R THEMA

DIFFINIADAU AR GYFER FFURFIO/CYNHYRCHU PRIDD — PENDERFYNU AR Y TERMAU AR GYFER Y

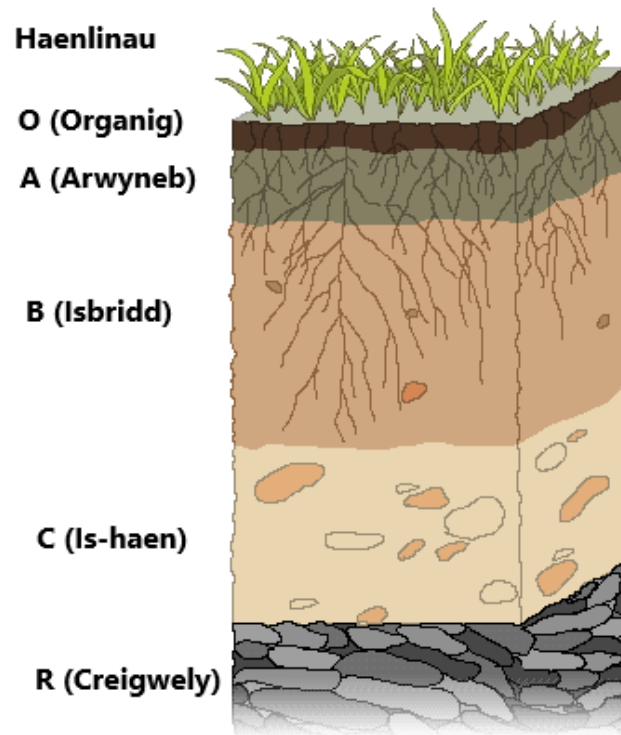
DYFODOL

Diffinnir pridd fel yr haen neu'r haenau o ddeunydd mwynol a/neu organig chwâl, yr effeithir arnynt gan brosesau ffisegol, cemegol a/neu fiolegol ar yr arwyneb neu'n agos at arwyneb y ddaear, ac sydd fel arfer yn cynnwys hylifau, nwyon, a'r biota a'r planhigion sy'n eu cynnal (Van Es, 2017). Yr elfen organig a'r bywyd mewn pridd yw'r hyn sy'n ei wneud yn wahanol i waddod. Mae'r prosesau ffisegol, cemegol a biolegol yn cyfuno mewn '**pedogenesis**', sy'n arwain at ffurfio pridd. Y diffiniad o ffurfio pridd yn ei ffurf symlaf yw 'troi deunydd cysefin yn bridd', a disgrifir hyn yn hafaliad ffwythiannol Jenny (1994):

$$\text{Pridd} = f(\text{Cl}, \text{O}, \text{R}, \text{P})t$$

Lle mae priddoedd yn ffwythiant (f) hinsawdd (Cl), Organebau (O), Tirwedd (R); Deunydd cysefin (P) yn amodol ar Amser (t). Mae **deunydd cysefin** a **solwm pridd** yn gysyniadau pwysig yng ngwyddoniaeth y pridd. Diffinnir 'deunydd cysefin pridd' fel dyddodiad daearegol. Bydd pridd yn datblygu dros hwn ac yn hwn. Ar y llaw arall, y solwm haenlinau'r isbridd a'r uwchbridd sydd wedi'u haddasu, gan eu gwneud yn wahanol i'r deunydd cysefin. Bydd y solwm yn ffurfio mewn creigiau cyfunol, dyddodion anghyfunol, a deunyddiau organig sy'n datblygu'n fawn. Mae datblygiad pridd yn arwain at greu haenau, sy'n cael eu galw yn haenlinau (Ffigur 1). Defnyddir haenlinau i ddosbarthu priddoedd a rhoddir y llythrennau O, A, E, B, C ac R iddynt. Mae haenlinau O wedi'u gwneud o ddeunydd organig, mae haenlinau A yn agos at yr arwyneb gyda deunydd organig yn rhan ohonynt, mae haenlinau E yn dangos tystiolaeth bod deunydd organig, haearn neu glai wedi'i dynnu oddi yno, tra bo haenlinau B yn dangos tystiolaeth o gronni'r deunyddiau hyn, ac maent wedi'u haddasu o'r deunydd cysefin C, nad yw'n dangos llawer o addasu pedogenig. Gall priddoedd ffurfio'n uniongyrchol dros graig galed, ac R yw'r term am hyn.

Ffigur 1: Cynrychioliad o broffil pridd (Ffynhonnell: https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_horizon)



Yn yr adroddiad hwn, rydym yn ystyried ffurfiant pridd yng nghyd-destun tri israniad ar gyfer deunydd cysefin pridd, sef deunydd cysefin cyfunol, anghyfunol, ac organig. Mae hyn yn gyson ag arferion arolygu pridd yng Nghymru a Lloegr (Clayden a Hollis, 1984), gyda'r llythrennau A-F yn dynodi pob deunydd.

- Ffuriant pridd organig: Priddoedd yw'r rhain a chanddynt 40 cm neu ragor o ddeunydd organig, gyda thri dosbarth ar gyfer y deunydd cysefin: i) mawn dros ddeunydd litho-sgerbydol, mawn â haenau mwynol, a mawn. Mae mawn wedi'i rannu'n **is-haenau mawn** (A) sydd â gwahanol nodweddion. Mae gan fewndiroedd actif adeiledd dwy haen – mae'r haen uwch, neu'r acrotelm, sy'n cynnwys llystyfiant sy'n tyfu, yn ychydig gentimedrau o ddyfnder, tra bo'r catotelm, neu'r haen is, yn llystyfiant dyfrlawn sy'n pydru, a hwnnw'n ffurfio swmp yr is-haen mawn. Bydd mawndiroedd sydd wedi'u haddasu drwy weithgareddau pobl, fel amaethyddiaeth neu goedwigaeth, wedi colli'r adeiledd hwn.

- Ffuriant pridd cyfunol: Priddoedd yw'r rhain sy'n cael eu ffurfio drwy hindreuliad creigiau caled fel creigiau asidig (gwenithfaen) a chreigiau igneaidd basig (gabro), creigiau metamorffig, neu greigiau gwaddodol fel calchfaen, sialc, tywodfaen a siâl. Yn ôl y term a roddir arnynt, mae ganddynt **is-haen litho-sgerbydol (B)**. **Cynhyrchu pridd** yw'r term a ddefnyddir i ddisgrifio cyfradd hindreulio creigwely a'i drawsffurfiad yn bridd.
- Ffuriant pridd heb ei gyfuno: Mae arolwg pridd Cymru a Lloegr yn cydnabod pedwar israniad ar gyfer deunyddiau anghyfunol, sef *priddoedd graeanog (C)*, *priddoedd dros raeon (D)*, *priddoedd mewn drifft trwchus (E)* a *phriddoedd sydd ag is-haen gyn-gwaternaidd feddal (F)*. Mae'r term drifft yn y Deyrnas Unedig (defnyddir dyddodion arwynebol yn lle hwn bellach yng ngeirfa Arolwg Daearegol Prydain) yn cynnwys deunyddiau **llifwaddodol** a **chasglifol** o'r oes Gwaternaidd.

Dosbarthiad pridd: Mae prosesau pedogenig yn arwain at ffurfio pridd ac at ddatblygiad haenlinau (Ffigur 1). Mae'r haenlinau hyn yn cael eu defnyddio fel sail ar gyfer dosbarthu, ac ystyrir pridd yn elfen naturiol sy'n deillio o'r ffactorau sy'n gysylltiedig â ffurfio pridd. Yng Nghymru a Lloegr, aeth Avery (1973; 1990) ati i gynnal arolwg o briddoedd gan eu dosbarthu'n systematig. Dosberthir proffiliau pridd hyd at ddyfnder o 1.5m. Mae'r dosbarthiadau'n cael eu gwahanu yn ôl priodweddau cynhenid pridd, a'r rheini'n rhwydd i'w canfod yn y maes ac yn weddol barhaol (Avery, 1990 t46). Diffinnir pedair lefel, sef *prif grŵp pridd*, *grŵp pridd*, *is-grŵp pridd* a *chyfresi pridd*. Er mwyn penderfynu ar y rhain, mae'r dosbarthiad yn defnyddio meini prawf i wahaniaethu rhyngddynt. Mae'r tri rhaniad cyntaf wedi'u seilio'n helaeth ar fframwaith yr haenlinau diagnostig, yn debyg i ddosbarthiadau USDA, FAO ac WRB. Mae'r cysyniad o gyfresi pridd wedi'i seilio ar nodweddion litholegol na ddefnyddir i wahaniaethu rhwng dosbarthiadau mewn categorïau uwch (Clayden a Hollis, 1984), gan olrhain eu tarddiad i ddosbarthiad daearegol priddoedd a ddefnyddiwyd cyn y dosbarthiad systematig a wnaed yn yr 1970au a'r 80au. Y prif fap yw'r map graddfa 1:250,000 y cyfeirir ato bellach fel NATMAP, sy'n rhan o LandIS (Hallett et al, 2017). Mae'r map hwn yn plotio **cydgymunedau pridd**. Mae plotio

priddoedd unigol yn anymarferol wrth fapio ar y raddfa hon, felly mae priddoedd yn cael eu grwpio yn ôl cydgymunedau sydd â nodweddion tebyg, a'r rheini fel arfer yn cael eu henwi ar ôl y gyfres sy'n fwyaf amlwg. Fodd bynnag, seiliwyd NATMAP yn bennaf ar gyfresi pridd (sef mapiau 1:63360 a 1:25000 wedi'u cyhoeddi, yn bennaf), yn ogystal â mapiau rhagarchwilio heb eu cyhoeddi oedd yn rhoi sylw i tua 50% o Gymru. Ac ystyried bod y dosbarthiad cyffredinol hwn yn cael ei ddefnyddio'n helaeth mewn polisiau ac wrth gynllunio defnydd tir, mae'n bwysig ystyried ffurfiant pridd yn y cyddestun hwn.

Model newidiol pridd: Mae'r dull o ddosbarthu pridd a'r dull o edrych ar ffurfiant pridd wedi datblygu a deillio'n bennaf o ddatblygiad gwyddoniaeth y pridd, sydd yn ei thro â tharddiad daearegol a geomorffolegol. Fodd bynnag, mae'r syniadau ynghylch yr Anthroposen, lle mae dyn yn hollbresennol wrth newid yr amgylchedd, yn ei gwneud yn ofynnol inni ailystyried y model a ddefnyddiwn ar gyfer pridd (Richter a Yaalon, 2012). Arweiniodd y dull daearegol o edrych ar bridd at syniadau a oedd i raddau helaeth yn fonogenetig, h.y. y dybiaeth y byddai mathau cyson o bridd yn deillio o'r prosesau ffurfio pridd amlycaf. Mae'r safbwynt hwn i raddau helaeth yn dal i fod yn sail i ddosbarthu priddoedd. Fodd bynnag, dyma safbwynt sy'n cael ei herio'n gynyddol oherwydd gweithgarwch dyn ac mae dosbarthiadau fel WRB yn cydnabod pwysigrwydd cynyddol priddoedd polygenetig neu briddoedd claddedig (WRB, 2001). Mewn priddoedd polygenetig, cydnabyddir bod pridd gwahanol wedi esblygu cyn y pridd presennol (yn aml o dan amodau amgylcheddol gwahanol), a gellir dosbarthu'r naill bridd a'r llall. Priddoedd claddedig, ar y llaw arall, yw priddoedd sydd â mantell o ddeunydd newydd sy'n gorchuddio 50 cm neu ragor. Gweithgarwch dynol sy'n gyfrifol am lawer o'r prosesau sydd bellach yn newid priddoedd. Yn eu plith mae draenio, troi'r tir, a symud daear ar gyfer datblygu seilwaith, ac ni ellir anwybyddu hyn. Yng Nghymru, er enghraifft, mae draenio yn ffactor rheoli pwysig sy'n effeithio ar bridd, a gall hynny arwain at newidiadau yn y dosbarth gwlypter. At hynny, yng Nghymru (a) mae effaith datblygiadau adeiladu yn isel o'i chymharu â'r effaith yn llawer o Loegr a (b) rhaid cofio y gellid dadlau y datblygwyd tacsonomeg SSEW *ar ôl* i'r rhan fwyaf o'r prif weithgareddau dwysáu

amaethyddol / y newidiadau i ddefnydd tir ddigwydd yng Nghymru a Lloegr. Mae tacsonomeg SSEW yn caniatáu ar gyfer priddoedd sydd wedi'u creu gan bobl a phriddoedd yr ymyrrodd pobl â hwy (categori 9), ynghyd â haenlinau claddedig.

Pobl yn ysgogi newid yn y pridd: Mae geowyddonwyr bellach yn amcangyfrif bod pobl yn symud trefn maint neu ragor yn fwy o waddod (gan gynnwys pridd) na phrosesau naturiol o amgylch y byd bob blwyddyn. Mae tua 30% o hyn yn sgil adeiladu, gyda'r gweddill oherwydd amaethyddiaeth, a throï'r tir yn bennaf. Amcangyfrifodd Hooke (2000) bod yr Hen Eifftwyr yn symud ~625 kg o bridd y pen y flwyddyn. Yr amcangyfrifon ar gyfer y ddaear bresennol, yn 2000, oedd ~6000 kg y pen y flwyddyn. At hynny, mewn gwledydd datblygedig fel UDA, gallai hyn fod mor uchel â 31,000 kg y pen y flwyddyn. Amcangyfrifodd Graves et al. (2015) fod gwerth diraddiad y pridd yng Nghymru a Lloegr, ar sail fframwaith gwasanaethau ecosystemau sy'n asesu sut mae diraddiad yn effeithio ar gapasiti priddoedd i gefnogi amryw o nwyddau terfynol, rhwng £0.9 ac £1.4 biliwn. Roedd hyn yn gysylltiedig yn bennaf â cholli charbon organig pridd (47% o'r gost), cywasgu (39%) ac erydiad (12%). Gan hynny, ni ddylid tanamcangyfrif effaith pobl ar adnoddau pridd a dylid ystyried yr effaith hon ochr yn ochr â ffactorau amgylcheddol eraill. At hynny, bydd pobl yn trin pridd drwy newid defnydd tir, drwy newid cynefinoedd, a thrwy weithgarwch rheoli fel troi'r tir, draenio, dyfrhau, chwalu tail, gwrteithio a chalchu. Ymyriad o bwys â'r pridd yng Nghymru fu'r systemau draenio sydd wedi'u gosod ym mhriddoedd Cymru ers oes y Rhufeiniaid. Cyn 1939, roedd gorchudd draenio Cymru yn fwy na 25 % o arwynebedd y tir (Robinson, 1986). Roedd hyn cyn penllanw'r cyfnod o osod draeniau yng Nghymru a Lloegr yn y 1970au, pan orchuddid dros 100 000 ha y flwyddyn. Fodd bynnag, mae llawer o Gymru yn dal i ddibynnu ar ddraeniau a osodwyd cyn 1939 (DEFRA, 2002). Mae pwysigrwydd draenio ar y tir wedi'i adlewyrchu yn NATMAP, lle darperir Dosbarth Gwlypter Pridd wedi'i ddraenio a heb ei ddraenio ar gyfer pob Cydgymuned.

Newid yn y pridd: cynhaliodd Dudal et al (2002) astudiaeth feirniadol o'r dull o ddosbarthu ac edrych ar briddoedd drwy ganolbwyntio ar yr elfen naturiol. Eu barn oedd nad yw dosbarthiadau pridd wedi darparu'n systematig ar gyfer priddoedd sydd wedi'u newid yn sgil gweithgareddau pobl. Mae pobl yn ffactor cynyddol bwysig yn ffurfiant pridd. Mae arolwg pridd Cymru a Lloegr yn cynnwys priddoedd sydd wedi'u creu gan bobl, ond nid yw'r dull dosbarthu wedi'i gynllunio i ddangos newidiadau mewn priodweddau dros dro fel pH a statws maetholion, a fydd yn effeithio ar ffurfiant. At hynny, y rhesymeg dros ddatblygu dosbarthiadau cyffredinol ar gyfer pridd oedd dewis meini prawf sy'n cyd-fynd yn sylweddol â rhai eraill sy'n gallu helpu i ragfynegi ac sy'n gyffredinol yn 'sefydlog' dros amser. Fel y nododd Avery (1980, t 28), ym mhriddoedd amaethyddol Prydain, prin y bydd priodweddau fel pH, cationau cyfnewidiol a statws deunydd organig yn cyd-fynd o gwbl â phriodweddau eraill, nad ydynt yn gallu newid mor rhwydd. Ystyrir y rhain yn elfennau mwy 'dynamig' priddoedd, sy'n gysylltiedig â newid yn y pridd (Richter a Markewitz, 2001). Dros y ganrif ddiwethaf, bu cynnydd mawr yn y modd mae erydiad, C, P, N a chylchredau dŵr wedi addasu'n anthropogenig, gan effeithio'n bennaf ar briodweddau 'dynamig' priddoedd. Felly, ynghyd â mapio a dosbarthu, gan ganolbwyntio ar briodweddau 'sefydlog', hirdymor (ac yn bennaf rhai ffisegol), mae'r broses o fonitro'r pridd yn canolbwyntio ar newidiadau ym mhriodweddau 'dynamig neu newidiol' pridd, a hynny'n cael ei ystyried yn bennaf bellach gan ddefnyddio cysyniadau iechyd y pridd neu ansawdd y pridd (Bünemann et al. 2019). Mae priodweddau sefydlog a dynamig ill dau'n bwysig o ran ymddygiad posibl pridd ac effaith defnydd tir sy'n ymwneud â gwasanaethau. Roedd gwaith blaenorol gan Lywodraeth Cymru a'r RDS (Natural England bellach) yn dangos cysylltiadau cymharol agos rhwng Cydgymunedau Priddoedd a Gradd y Dosbarthiad Tir Amaethyddol (ALC) (ac felly â photensial galluogrwydd y tir) (ADAS, 2020a; MAFF, 1988). Mae dylanwadau'r hinsawdd a'r dirwedd yn addasu'r cysylltiad hwn. Nid yw'r ALC yn ystyried priodweddau cemegol oni bai eu bod yn cyfyngu'n arw / yn docsig. Rhagdybir bod gan yr ALC safon rheoli 'cymedrol ac nid eithriadol'. Dyma hefyd oedd sail gwaith Ardaloedd â Chyfyngiadau Naturiol y Comisiwn Ewropeaidd yn 2007 a'r ALC rhagfynegol. O ganlyniad, er nad yw'r priodweddau sefydlog o bosibl yn cyd-fynd â'r rhai dynamig, maent yn effeithio ar ymddygiad y pridd o ran ei natur

hydrin, mandylledd, sychder, gwlypter ac ati, a chan hynny ar ei botensial amaethyddol. Mae hwn yn fater cymhleth, gan y gall gwahanol gydgymunedau (y rhan fwyaf ohonynt yn yr un prif grwpiau pridd) ymddwyn yn debyg iawn yn amaethyddol gan mai mân iawn ar adegau yw'r gwahaniaethau rhyngddynt. Yn yr un modd, gall yr un gydgymuned ymddwyn yn wahanol iawn mewn gwahanol hinsoddau, ond ceir dealltwriaeth dda o'r perthnasau hyn. Yn achos priddoedd nad ydynt yn rhai amaethyddol (e.e. cynefinoedd lled-naturiol, cynefinoedd dynodedig a choedwigoedd), mae'r un cysyniad yn berthnasol, sef nad yw'r prosesau sefydlog a dynamig yn cyd-fynd â'i gilydd. Drachefn, daw'r priodweddau dynamig o'r llystyfiant, dan ddylanwad yr hinsawdd a'r dirwedd, tra bo'r priodweddau sefydlog yn gweithredu fel fframwaith.

Genoffurf pridd a ffenoffurf pridd: Gan gydnabod pwysigrwydd cydrannau 'sefydlog' a 'dynamig' priddoedd wrth eu ffurfio ac wrth eu dosbarthu, ceisiodd Droogers a Bouma (1997) gysoni dulliau arolygu a dulliau monitro drwy gyflwyno'r cysyniad o genoffurf pridd ar y naill law, a ffenoffurf pridd ar y llall. Y genoffurf yw'r dosbarthiad yn ôl tarddiad y pridd, neu'r dull sy'n canolbwyntio ar yr elfen naturiol. Ar y llaw arall, ffenoffurfiau yw pan y gallai fod gan briddoedd yr un tarddiad, ond gwahanol briodweddau sy'n cael eu rheoli, fel pH, carbon pridd neu ddraenio. Enghraifft o gynhyrchu ffenoffurfiau yng Nghymru yw pan fydd y tir wedi'i ddraenio, a hynny'n newid y Dosbarth Gwlypter Pridd a nifer y diwrnodau pan fydd pridd yn hydrin (Rudeforth et al. 1984). Gallai hyn gynrychioli cam datblygiadol pan fydd rhai o nodweddion penodol y pridd wedi newid, ond bod digon o nodweddion genetig yn parhau i beidio ag ailddosbarthu'r pridd. Mae arolwg pridd Cymru a Lloegr yn darparu dosbarthiadau gwlypter ar gyfer cydgymunedau priddoedd sydd wedi'u draenio a heb eu draenio, gan ddangos nodweddion ffenoffurf.

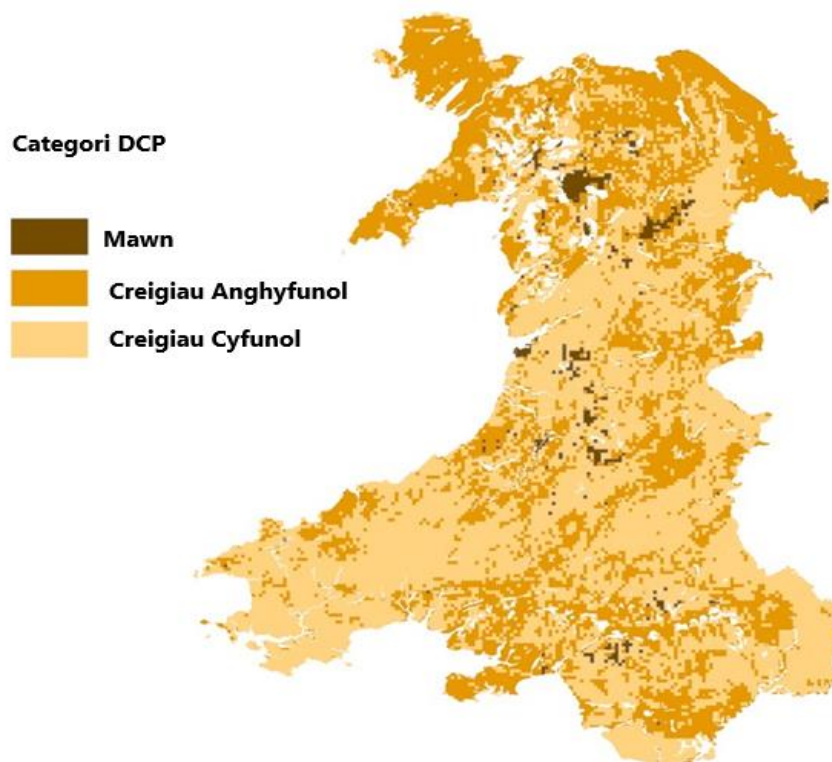
FFACTORAU FFURFIO PRIDD YNG NGHYD-DESTUN CYMRU

Mae Cymru'n gorchuddio arwynebedd o 20,735 km² a darperir yma drosolwg o nodweddion ffurfiant y pridd.

Deunydd cysefin: Mae'r ddaearreg i raddau helaeth yn llawn cerrig llaid, llechi a thywodfeini Palaeosöig a chyn-Gambriaidd. Yn wahanol i Loegr, prin iawn yw deunydd cysefin carbonad, calchfaen a sialc. Ceir ardaloedd helaeth sydd wedi'u gorchuddio â drifft a ddyddodwyd o'r rhewlifant Devensaidd, a orchuddiai Gymru bron yn gyfan gwbl. Mae'r hinsawdd gwlyb, oer yn ffafriol ar gyfer datblygu mawn (ceir mawn hinsoddol a phriddoedd mwynol-organig yn gyffredinol ar dir uwch na thua 300-400m (DEFRA, 2007), ac mae ganddynt gynhwysedd maes o > 300 o ddiwrnodau). Mae hyn yn golygu bod yr holl ddeunyddiau cysefin (creigiau cyfunol, creigiau anghyfunol, ac is-haenau organig) i'w cael yma. Mae Ffigur 2 yn dangos dosraniad deunyddiau cysefin pridd sydd wedi'u seilio ar ddeunyddiau cyfunol, deunyddiau anghyfunol, ac is-haenau organig (mawn) yng Nghymru.

Tirwedd: Un o nodweddion Cymru yw mynyddoedd 600 – 1000m, arfordir sylweddol a gwastatiroedd arfordirol. Mae'r mynyddoedd yn creu asgwrn cefn o Eryri yn y gogledd i Fannau Brycheiniog yn y de. Mae'r topograffi'n golygu bod llawer o'r tir ar lethr a bod prosesau geomorffig sy'n gysylltiedig â màs-symudiad yn digwydd ar y tir hwnnw.

Ffigur 2: Dosraniad deunyddiau cysefin pridd yng Nghymru ar sail daeareg creigiau cyfunol a chreigiau anghyfunol ac is-haenau organig (mawn). Mae'r manau gwag yn dynodi nad yw'r priddoedd sy'n bresennol yn perthyn i'r un o'r tri categori DCP a ddefnyddir yn y gwaith hwn. Byddai'r rhain yn cynnwys 'uwchbriddoedd mawnog' lithomorffig Cydgymunedau Revidge a Bangor, priddoedd llifwaddodol morol, a phriddoedd moel daearol (twyni tywod). Gweler Ffigur 3.



Hinsawdd: Yn ôl y dosbarthiad, mae gan Gymru hinsawdd arfordol. Ei nodweddion yw tywydd sy'n aml yn gymylog, yn wlyb ac yn wyntog, ond yn fwyn. Mae cymedr y tymheredd blynyddol ar uchderau isel yng Nghymru yn amrywio o ~9.5 °C i 11 °C, gyda'r gwerthoedd uwch i'w cael ar yr arfordiroedd neu'n agos atynt. Mae cymedr y tymheredd blynyddol yn gostwng tua 0.5 °C am bob cynnydd o 100 metr mewn uchder. Mae'r glawiad yng Nghymru yn amrywio'n fawr, gyda'r cyfansymiau blynyddol cyfartalog uchaf yn cael eu cofnodi yn ucheldir yr asgwrn cefn canolog o Eryri i Fannau Brycheiniog. Eryri yw'r ardal wlypaf, gyda chyfansymiau cyfartalog blynyddol sy'n fwy na 3000 mm. Ar y llaw arall, mae lleoliadau ar hyd yr arfordir, ac yn enwedig y rheini sy'n agos at y ffin â Lloegr, yn sychach ac yn cael llai na 1000 mm o law y flwyddyn (Y Swyddfa Dywydd, 2016). Mae dyodiad blynyddol uchel yn

arwain at lefelau uchel o drwytholchiad sy'n rhyngweithio â llystyfiant, gan arwain at asidau organig a Phodsoleiddio; a merddwr sy'n achosi Gleio yn dibynnu ar y math o DCP sydd dan sylw. Mae'r cyfuniad o dirwedd a hinsawdd yn ddylanwad o bwys ar (i) y dyodiad blynyddol, (ii) y tymheredd a (iii) anweddiad, sydd i gyd yn effeithio ar llystyfiant. Mae nifer y diwrnodau yn y flwyddyn pan fydd gan y priddoedd gynhwysedd maes ar y cyfan yn cynyddu wrth i'r uchder gynyddu. Mae mwy o ddyodiad, tymheredd is a llai o anweddiad yn arwain at lai o ddadelfennu deunydd organig, sy'n golygu bod llai o ddeunydd organig yn cronni.

Llystyfiant: Mae glaswelltiroedd o wahanol fathau yn amlwg iawn yng Nghymru, gan gynnwys glaswelltir wedi'i wella (41%); glaswelltir niwtral (11%); a glaswelltir asidig (14%). Mae tir â'r garddwriaeth yn gorchuddio 9% o'r arwynebedd, tra bo coedwigoedd llydanddail (6%) a chonwydd (7%) yn gorchuddio 13%. Mae rhesydd corlwyni yn gorchuddio 5% a chorsydd yn gorchuddio 2%, ar sail ystadegau map gorchudd tir 2007 (Morton et al., 2011). Mae helaethder y glaswelltir wedi'i wella a'r ffaith nad oes llawer o orchudd coetir yn arwydd da o effaith rheoli ar Gymru. Er enghraifft, mae dadansoddiad o baill mewn mawn yn dangos tystiolaeth o goetiroedd ar ôl rhewlifant (Chambers, 1982). Mae'n debygol bod hyn wedi cael effaith sylweddol ar y priddlun a welwn heddiw, yn enwedig mawn a phriddoedd mwynol-organig sy'n debygol o fod wedi ffurfio o ganlyniad i hyn.

Amser: Mae diwedd y rhewlifant diwethaf yn bwynt arwyddocaol mewn amser. Wrth i'r îâ encilio, gadawodd ddrifft rhewlifol ac arwyneb creigiog noeth wedi'i sgwrio ar ei ôl. Gan hynny, mae priddoedd Cymru yn gymharol ifanc mewn cyd-destun daearegol (~10,000 o flynyddoedd). Bydd rhewlifant wedi ailymgorffori hen briddoedd mewn til a deunyddiau cysefin eraill a ddeilliodd o'r rhewlif. Mewn astudiaeth ddiweddar, aeth Parry et al. (2015) ati i roi dyddiadau ^{14}C i samplau o ddau broffil pridd yn Lloegr (Dartmoor) a'r Alban (Glen Dye). Oedrannau hynaf y pridd oedd 15,600 a 4,400 o flynyddoedd ar gyfer proffiliau pridd Dartmoor (y tu allan i'r UK-LGM) a Glen Dye (y tu mewn i'r UK-LGM) yn y drefn honno. Mae'n debygol y byddai priddoedd Cymru rhwng y ddau bwynt yma, yn

dibynnu ar enciliad y rhewlif a'r hinsawdd. Mae priddoedd llifwaddodol a chasglifol yn dal i ddatblygu ac yn cynrychioli priddoedd iau, ochr yn ochr â'r rheini o lifwaddod morol (newid yn lefel y môr) a systemau twyni tywod.

Mae'n ymddangos bod cysylltiad cryf rhwng datblygiad mawn a gweithgarwch anthropogenig, ac o bosibl ddatgoedwigo gan bobl yn ystod cyfnodau mewn hanes (Chambers, 1982). Mae rhyfeloedd yn y ganrif ddiwethaf a thwff y boblogaeth wedyn wedi cynyddu'r angen i gynhyrchu bwyd a phren. Mae hyn wedi golygu trawsffurfio'r tirlun er mwyn goresgyn cyfyngiadau'r pridd wrth gynhyrchu. Yn ôl asesiad byd-eang pwysig o gyfyngiadau'r pridd (Bot et al. 2000), mae'r Deyrnas Unedig yn ail yn y byd, ar ôl Ynysoedd Malvinas, am ddraenio gwael mewn pridd (55%). Mae draenio gwael a pH isel yn gyffredin drwy Gymru, ac mae camau rheoli wedi ceisio rhoi sylw i'r rhain, ac yn debygol o fod wedi arwain at newidiadau yn ffurfiant pridd. Mae'r cyfuniad o brosesau geomorffolegol, newid mewn defnydd tir, a champau rheoli i oresgyn cyfyngiadau wrth gynhyrchu i gyd yn golygu y gallwn ddisgwyl i nifer o briddoedd ledled Cymru fod yn bolygenetig. Gan hynny, mae degawdau, canrifoedd a milenia yn debygol o fod yn gerrig milltir o bwys yn natblygiad a dosbarthiad priddoedd ledled Cymru.

AROLYGU A MONITRO'R PRIDD YNG NGHYMRU

Mae Cymru wedi bod yn weithgar dros y degawd diwethaf wrth ddatblygu deddfwriaeth fel Deddf yr Amgylchedd (Cymru) 2016 a Deddf Llesiant Cenedlaethau'r Dyfodol (Cymru) 2015. Mae rhaglen waith wedi arwain at greu mapiau Dosbarthiad Tir Amaethyddol (ALC) rhagfynegol ar gyfer Cymru (ALC, 2017: llyw.cymru), yn bennaf wedi'u seilio ar NATMAP ac ar arolygon manwl a ac arolygon rhagarchwilio blaenorol SSEW, sy'n rhoi sylw i tua 50% o Gymru. At hynny, comisiynwyd arolygon newydd mewn ardaloedd daearyddol lle'r oedd yn hysbys bod problemau neu fylchau yn y data (yn bennaf ar gyfer Cydgymunedau lle'r oedd eu harolygon blaenorol yn gyfyngedig) er mwyn creu cyfres o fapiau Priddoedd Cymru (llyw.cymru, 2020b). Mae'r gwaith o fonitro priodweddau 'dynamig' y pridd yn cael ei wneud drwy raglen fonitro ERAMMP (Emmet et al. 2019). Mae'r map Cydgymunedau

priddoedd cenedlaethol, sy'n cael ei ddefnyddio yn y gwaith presennol, ac a gyhoeddwyd yn 1983 (NATMAP), yn gorchuddio Cymru ar raddfa o 1:250,000. Mae Rudeforth et al (1984) yn disgrifio 91 o gydgymunedau pridd a geir yng Nghymru. Roedd yr ALC rhagfynegol (2017) yn diweddarau'r dull hwn, a dyma'r agosaf sydd gennym i gyfuno'r cysyniadau ynghylch genoffurf a ffenoffurf a grybwyllwyd eisoes. Wedi'i seilio ar gyfresi pridd, mae hefyd yn cynnwys meini prawf fel sychder, gwlypter a hinsawdd (llyw.cymru, 2020). At hynny, mae gan Gymru amryw o ffynonellau data sy'n gysylltiedig â'r ffactorau sy'n ymwneud â ffurfiant pridd, ac sy'n cael eu disgrifio'n llawnach a'u cymharu a'u cyferbynnu yn yr adran nesaf.

CAM SONARR 2: FFRAMWAITH I ASESU CYFLWR PRIDD

CYFLWR A THUDDIADAU MEWN ADNODDAU NATURIOL A'R DULLIAU RHEOLI PRESENNOL

Mae'r adran hon yn canolbwyntio ar ddeunydd cysefin pridd, dosbarthiad priddoedd, ac unedau ecosystemau, a hynny fel fframwaith ar gyfer adrodd am gyflwr pridd yng nghyd-destun ei ffurfiant. Defnyddir ffactorau a ddynodwyd yng nghan 1 **SoNaRR** gyda nifer o setiau data i asesu hyd a lled gwahanol ffactorau sy'n ymwneud â ffurfiant pridd er mwyn cael gwybodaeth am bwysigrwydd cymharol y gwahanol ffactorau hyn yng Nghymru. Y setiau data a ddefnyddir yw:

NATMAP Priddoedd (Hinsawdd, Organebau, Tirwedd, Deunydd Cysefin, Amser)

Mae'r map pridd cenedlaethol (NATMAP) ar gyfer Cymru a Lloegr yn cael ei gynhyrchu gyda sylfaen o 1:50k (fector NATMAP). Mae'n dangos y cydgymunedau pridd sydd wedi'u mapio ar raddfa o 1:250k, gyda 91 o'r rhain i'w cael yng Nghymru. Gan y byddwn yn gwahaniaethu rhwng cyfresi pridd ar sail y deunydd cysefin, mae modd inni gynnal ymarfer cyfateb gan ddefnyddio Clayden a Hollis (1984) i benderfynu ar y deunydd cysefin amlycaf ar gyfer pob cydgymuned pridd. Gellir grwpio a chymharu'r rhain â'r model diweddar ar gyfer deunydd cysefin pridd sydd wedi'i greu gan Arolwg Daearegol Prydain.

Model deunydd cysefin pridd (SPMM) (Deunydd Cysefin)

Dyddodyn daearegol yw 'deunydd cysefin'. Bydd pridd yn datblygu dros hwn ac o'i fewn. Yma, rydym yn defnyddio fersiwn rhad ac am ddim 1km yr SPMM sy'n deillio o'r fersiwn 1:50k (Lawley, 2014). Mae'n dosbarthu deunydd cysefin yn unol â diffiniadau Swyddfa Pridd Ewrop (ESB) o'r mathau o Ddeunydd Cysefin. Mae'n set ddata bwysig, fel y nododd Avery (1980) a ddywedodd fod gwahaniaethau bras yng nghyfansoddiad neu darddiad deunydd cysefin y prif grwpiau pridd yn y Deyrnas Unedig.

Dosbarthiadau tir yr ITE (Hinsawdd, Tirwedd, Deunydd Cysefin)

Er ei fod wedi'i gynllunio i helpu â gwaith samplu ecolegol, mae system dosbarthiadau tir yr ITE yn rhoi sylw i dri o'r prif ffactorau sy'n ymwneud â ffurfiant tir wrth isrannu'r tirlun. Roedd y dosbarthiad gwreiddiol yn defnyddio dadansoddiad amlamryweb o 75 o ddangosyddion amgylcheddol i ddynodi 32 o ddosbarthiadau tir. Roedd y data a ddefnyddiwyd yn y dadansoddiad yn cynnwys yr hinsawdd, tirwedd a deunydd cysefin (Bunce et al. 1996), ac mae'n fersiwn gynnar o'r hyn y gellid bellach ei ystyried yn fodel tirlun pedometrig.

Ecosystemau sy'n deillio o fap gorchudd tir (2007) (Organebau)

Mae SoNaRR yn adrodd am 8 math o ecosystemau, ac yma rydym yn brasamcanu'r rhain ar sail cynefinoedd bras mapiau gorchudd tir. Maent yn dangos effaith organebau ar y tirlun, gan gynnwys gweithgarwch pobl mewn manylder isel. Gellir ystyried cynefin bras yn un sy'n cyfateb yn ecolegol i gydgymuned pridd.

DOSBARTHU A MAPIO PEDOGENESIS YNG NGHYMRU

Yn y tablau canlynol, caiff data eu hechdynnu o'r gwahanol fapiau i ganfod y prif ffactorau a hyd a lled gofodol ffactorau sy'n ymwneud â ffurfiant pridd ledled Cymru, a bydd hynny'n golygu bod modd canfod patrymau lefel uchel a chysylltiadau rhyngddynt. Mae Tabl 1 yn dangos hyd a lled y priddoedd

a ddosberthir fel NATMAP (250k) ledled Cymru, lle mae'r priddoedd yn perthyn yn amlwg iawn i'r tri phrif grŵp pridd; y priddoedd brown, y priddoedd podsolig a'r gleiau dŵr wyneb. Mae Tabl 2 yn dangos hyd a lled y mathau o ddeunydd cysefin a ddiffinnir gan yr ESB ledled Cymru. Mae tua 50 % o arwynebedd Cymru wedi'i ffurfio o greigwely tra mai dyddodion anghyfunol (a thil rhewlifol yn enwedig) yw tua 35%.

Tabl 1: Y ganran o orchudd tir a orchuddir gan y prif grwpiau pridd yng Nghymru, ynghyd â'u prif ddisgrifiyddion

Cod	CIORPT Prif grwpiau pridd NATMAP (NSRI) 1:250,000 (Thompson, 2007)	Canran (%)	Disgrifiyddion allweddol
1	Crai daearol	<0.1	Wedi ffurfio'n ddiweddar
2	Priddoedd glei crai	0.21	Dyfrlawn
3	Lithomorffig	2.21	Bas
4	Pelosolau	0.1	Cleig, yn troi'n athraidd yn araf
5	Priddoedd brown	30.24	Brown, dim gleio
6	Podsolig	32.3	Asidig, sescwiocsid neu organebau yn cronni dan yr arwyneb
7	Glei dŵr wyneb	24.64	Dyfrlawn
8	Glei dŵr daear	3.41	Dyfrlawn
9	Wedi'u gwneud gan bobl	0.43	Gwastraff
10	Mawn	3.39	Organig
	Tir heb ei ddosbarthu	2.97	

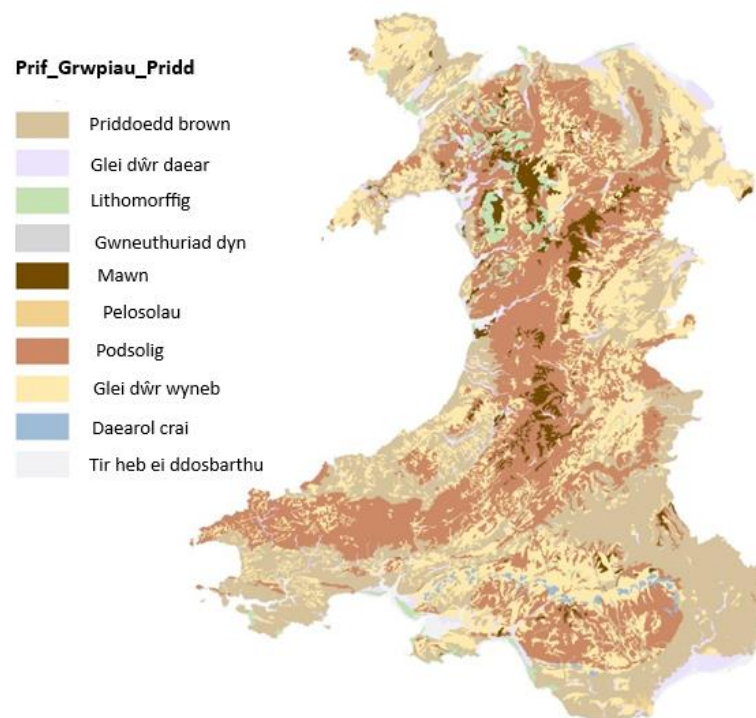
Tabl 2: Y ganran o arwynebedd tir sy'n gysylltiedig â phob dosbarth o ddeunydd cyffredin a ddiffinnir gan yr ESB. Mae dosbarthiadau 100, 200, 300 a 400 yr ESB yn cynrychioli'r grŵp 'Cyfunol' a ddefnyddir yn ddiweddarach yn yr adolygiad hwn. Mae dosbarthiadau 500 a 600 yn ffurfio'r grŵp 'Anghyfunol' a ddefnyddir yn yr adolygiad hwn, tra bo deunyddiau organig yn cynrychioli'r grŵp 'Mawn'.

Dosbarth yr ESB	Prif ddosbarth deunydd cysefin	Canran (%)
100	Creigiau gwaddodol clastig cyfunol	48
200	Creigiau gwaddodol (wedi'u gwaddodi'n gemegol, wedi anweddu, neu o darddiad organo-genig neu fiogenig)	2.4
300	Creigiau igneaidd	1.7
400	Creigiau metamorffig	0.2
500	Dyddodion anghyfunol (llifwaddod, gweddillion hindreuliad a dyddodion llethrau)	3.5
600	Dyddodion rhewlifol anghyfunol / drifft rhewlifol	31.7
700	Dyddodion aeolaidd	0.1
800	Deunyddiau organig	1.1
900	Dyddodion anthropogenig	0

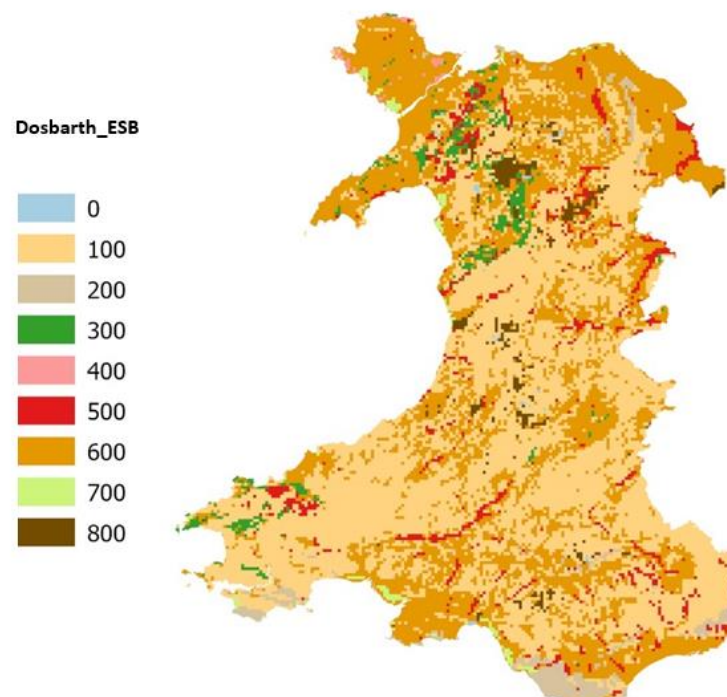
Y RHYNGWEITHIO RHWNG DEUNYDD CYSEFIN PRIDD A CHYDGYMUNEDAU PRIDD

Mae'r prif grwpiau pridd a ddiffinnir gan Arolwg Pridd Cymru a Lloegr i'w gweld yn Ffigur 3, tra bo Ffigur 4 yn dangos dosraniad Deunyddiau Cysefin Pridd wedi'i seilio ar ddosbarthiad priddoedd Swyddfa Pridd Ewrop (ESB). Mae hyd a lled y prif grwpiau priddoedd mewn perthynas â'r deunyddiau cysefin i'w gweld yn Nhabl 3, gan ddilyn dosbarthiad yr ESB a dosbarthiad deunydd cysefin yr arolwg pridd (Clayden a Hollis, 1984). Mae'r prif grwpiau pridd sydd â chanran uchel o orchudd yn gysylltiedig â deunyddiau cysefin wedi'u lliwio yn llwyd. Mae'r data hyn yn ein helpu i ganfod pa fathau'n union o ddeunyddiau cysefin y mae angen inni ganolbwyntio arnynt er mwyn deall ffurfiant pridd. Mae Tabl 3 yn dangos yn glir bod priddoedd dros ddeunydd cysefin litho-sgerbydol (creigiau cyfunol neu galed) a phriddoedd dros ddrifft trwchus (creigiau meddal anghyfunol) yn amlwg iawn, gyda phriddoedd mawn yn gorchuddio ardal fechan. Mae Tabl 4 yn dangos y prif grwpiau pridd mewn perthynas â chod deunydd cysefin pridd yr ESB ledled Cymru.

Ffigur 3: Dosraniad y prif grwpiau pridd yng Nghymru ar sail diffiniadau Arolwg Pridd Cymru a Lloegr



Ffigur 4: Dosraniad deunydd cysefin pridd yng Nghymru ar sail dosbarthiadau Swyddfa Pridd Ewrop. Mae'r diffiniadau yn Nhabl 4.



Tabl 3: % y prif grwpiau pridd sy'n gysylltiedig â deunyddiau cysefin yn ôl Arolwg Pridd Cymru a Lloegr (SSEW). Mae codau cyfatebol Swyddfa Pridd Ewrop (ESP) ar gyfer y deunyddiau cysefin i'w gweld ar hyd y top. Mae rhai cydgymunedau pridd i'w cael yn helaeth, e.e. Manod 18.04% (Podsolig); Hafren 6.36% (Podsolig); Cegin 7.19% (Gleiau dŵr wyneb); Denbigh 9.73% (Priddoedd brown); Milford 5.13% (Priddoedd brown).

ESB	100-400	500	500	500	600	800	900	
		500-520	530	530				Arall
Prif Grwpiau Pridd, SSEW	Litho-sgerbydol	Priddoedd ag is-haen gyn-gwaternaidd feddal	Priddoedd dros raeau	Priddoedd graeanog	Priddoedd mewn drifft trwchus	Priddoedd mewn mawn	MM	
Pridd crai daearol								
Pridd glei crai		0.21						
Lithomorffig	1.62				0.59			
Pelosolau		0.10						
Priddoedd brown	19.54	0.94	0.54	0.01	9.21			
Podsolig	32.25			0.05				
SWG		0.33			24.31			
GWG	0.14				3.27			
MM							0.43	
Mawn						3.39		
Trefol								2.97
Cyfanswm	53.55	1.58	0.54	0.06	37.38	3.39	0.43	2.97

Tabl 4: Arwynebedd pob un o'r prif grwpiau pridd sy'n gysylltiedig â dosbarthiad deunydd cysefin pridd yr ESB (km²)

	Prif ddosbarth deunydd cysefin	Canran (%)	Brown	Podsolig	Glei Dŵr Wyneb	Mawn
100	Creigiau gwaddodol clastig cyfunol	48.9	3346	4985	1748	284
200	Creigiau gwaddodol (wedi'u gwaddodi'n gemegol, wedi anweddu, neu o darddiad organo-genig neu fiogenig)	2.4	418	24	69	0
300	Creigiau igneaidd	1.8	40	273	43	25
400	Creigiau metamorffig	0.2	35	3	9	0
500	Dyddodion anghyfunol (llifwaddod, gweddillion hindreuliad a dyddodion llethrau)	3.6	376	224	143	24
600	Dyddodion rhewlifol anghyfunol / drifft rhewlifol	32.1	2291	1192	3198	132
700	Dyddodion aeolaidd	0.1	13	5	2	1
800	Deunyddiau organig	1.8	7	99	55	230
900	Dyddodion anthropogenig	0.0	-	-	-	-

Yn Nhabl 5, edrychir yn fanylach ar israniad y categorïau litho-sgerbydol a drifft trwchus, gan ddangos bod pum math o ddeunydd cysefin pridd yn amlwg iawn. Yr is-haenau litho-sgerbydol pwysig yw tywodfaen a cherrig llaid (e.e. siâl). Dim ond ardal fechan o briddoedd a geir dros greigiau crisialog basig. Mae priddoedd mewn drifft gyda cherrig silicaidd yn amlwg iawn yn nhirlun Cymru, o ran drifft. Wrth gwrs, ceir mathau o briddoedd sy'n gysylltiedig â'r deunyddiau cysefin hyn. Bydd priddoedd podsolig yn ffurfio dros ddeunydd cysefin litho-sgerbydol mân-ronynnog a bras-ronynnog. Bydd gleiau yn ffurfio dros y drifft a gellir canfod priddoedd brown mewn drifft yn ogystal â deunydd litho-sgerbydol mân-ronynnog a bras-ronynnog. Mae'r priddoedd tenau yn dueddol o ffurfio dros ddeunyddiau cysefin litho-sgerbydol, a'r rheini'n aml yn llai na 80 cm (Rudeforth et al., 1984). Mae hyn yn golygu bod y priddoedd ar y deunyddiau cysefin hyn yn fwy bregus os byddant yn teneuo

oherwydd prosesau erydol. Gallai cyfuniad o safle'r tirlun (llethr) neu arferion amaethyddol (troi'r tir, gorbori) fod yn bennaf cyfrifol am hyn. Mae'r data'n dangos mai priddoedd podsolig wedi'u seilio ar dywodfaen, cerrig llaid neu lechi yw'r mwyaf bregus, ynghyd â'r priddoedd brown hynny sydd wedi'u ffurfio ar ddeunyddiau cysefin litho-sgerbydol.

Tabl 5: Y berthynas rhwng arwynebedd (%) y prif grwpiau pridd ac is-gategoriâu codau'r ESB sy'n cyfateb i ddosbarthiadau deunydd cysefin SSEW.

Cod yr ESB	120	130	300-400	600	800
	Tywodfaen litho-sgerbydol	Cerrig llaid a thywodfaen neu lechi litho-sgerbydol	Craig grisialog fasig litho-sgerbydol	Priddoedd mewn drifft gyda cherrig silicaidd	Priddoedd mewn mawn
Brown	3.30	9.73		7.46	
Podsolig	5.37	25.07	1.81		
Glei dŵr wyneb				23.91	
Mawn					3.39

Mae Tablau 6 a 7 yn dangos arwynebedd y prif fathau o bridd sy'n gysylltiedig â gorchudd tir a dosbarthiadau tir yr ITE. Mae Tabl 6 yn dangos bod priddoedd brown a gleiau dŵr wyneb yn amlwg iawn yn safleoedd isel y tirlun. Mae priddoedd podsolig yn amlwg iawn yn safleoedd yr ucheldir. Mae hyn yn gyson â'r dilyniannau catenâu a'r ffactorau sy'n ymwneud â ffurfiant tir a ddarlunnir yn Ffigur 5. Mae mawn wedi'i rannu rhwng y mawn sy'n ffurfio yn yr iseldiroedd a'r mawn sy'n ffurfio yn yr ucheldiroedd. Tra bo'r deunydd cysefin yn cael ei ddefnyddio fel maen prawf pwysig i wahaniaethu rhwng priddoedd, mae Tabl 6 yn dangos yn glir bod y safle yn y tirlun yn ffactor pwysig, felly mae dilyniannau catenâu i'w disgwyl yn nhirlun Cymru.

Tabl 6: Y berthynas rhwng gorchudd dosbarth tir yr ITE a phrif grwpiau pridd NATMAP yng Nghymru (km²)

	Dosbarth tir	Podsolig	Brown	Glei dŵr wyneb	Ma wn
5W (18.1 %)	Llethrau bas/gorlifdiroedd	458	2271	1082	32
6W (12.1%)	Systemau dyffryn cymhleth/tirfyrddau	714	1102	738	9
7W (3.1%)	Clogwyni môr/arfordir caled	104	430	110	5
15W (11.1%)	Dyffrynnoedd afonydd fflat/llethrau isaf bryniau	575	993	779	7
17W1 (8.5%)	Cribau isel mynyddoedd/llethrau dyffrynnoedd, yn y gogledd	974	97	485	254
17W2 (22.7%)	Mynyddoedd crynion/llechweddau/y dyffrynnoedd uchaf, yn y canolbarth/de	2182	1005	1322	307
17W3 (9.3%)	Tirffurfiau newidiol bryniau/mynyddoedd isel, Cymru	1265	284	391	33
18W (5.2%)	Ochrau dyffrynnoedd yr ucheldir/mynyddoedd isel, Cymru	523	213	306	50

Mae glaswelltir yn amlwg iawn yn y gorchudd tir, naill ai'n gaeedig neu'n lled-naturiol (Tabl 7), ac mae priddoedd brown bron i gyd yn cael eu ffermio gan mai'r rhain yw'r priddoedd mwyaf cynhyrchiol, lleiaf cyfyngedig. Defnyddir gleiau dŵr wyneb hefyd yn helaeth ar gyfer ffermio, ond bydd y rhain yn aml yn cael eu draenio.

Tabl 7: Y berthynas ofodol rhwng y math o ecosystem (Organebau, planhigion a rheoli) a phrif grwpiau pridd yr SSEW a geir yng Nghymru (km²)

	Cynefinoedd	Brown	Podsolig	Glei dŵr wyneb	Mawn
Tir ffermio caeedig (45.57 %)	Glaswelltir âr, wedi'i wella	4413	2346	2882	24
(Glaswelltir lled naturiol) (12.99 %)	Rhedyn glaswelltir niwtral, calchaid ac asid	271	1738	635	110
Coetir (12.03 %)	Llydandail a chonwydd	650	1238	561	102
Mynyddoedd, gweundiroedd a rhydydd (16.21 %)	Corsydd, rhydydd corlwyni, gwernydd corsydd ffen, creigiau mewndirol	718	1350	916	455
Arall		473	138	273	9

Nodyn: ar gyfer adroddiadau SoNaRR, mae Cymru wedi'i rhannu'n 8 ecosystem (morol; ymylon arfordirol; dŵr croyw; glaswelltiroedd lled naturiol; mynyddoedd, gweundiroedd a rhydydd; coetiroedd; tir ffermio caeedig; trefol). Yr ecosystem amlycaf yw tir ffermio caeedig sy'n gorchuddio tua hanner arwynebedd Cymru (~1 M ha). Mae'r symiau yn y tabl hwn yn deillio o'r map gorchudd tir a dim ond brasamcan ydynt o'r symiau yn SoNaRR (2020).

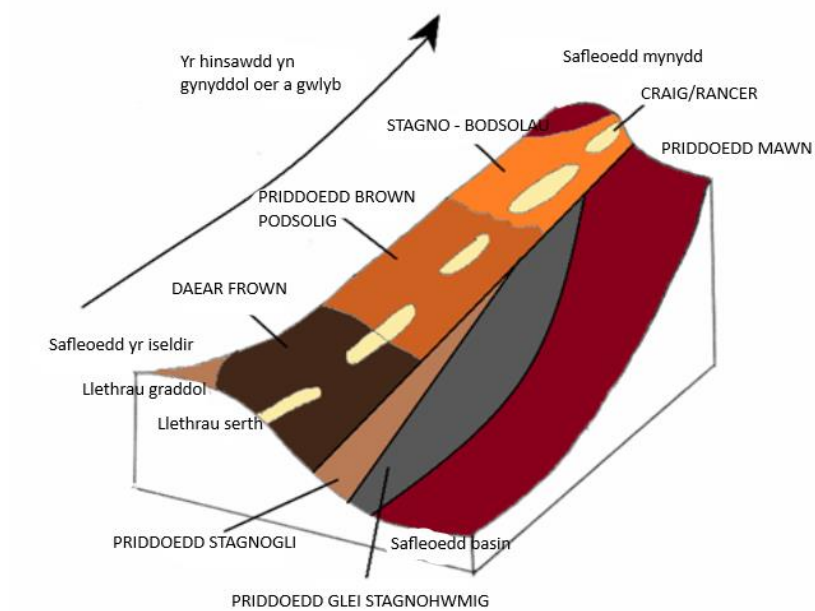
Mae'r tablau hyn yn dangos bod tri o brif grwpiau pridd SSEW yn amlwg iawn ym mhriddoedd Cymru, sef priddoedd brown, priddoedd podsolig a gleiau dŵr wyneb (Tabl 1). Mae'r grwpiau pridd hyn i'w canfod yn yr holl ddeunyddiau cysefin pridd a ddiffinnir gan yr ESB (Tabl 2, 3, 4 a 5), ac at ddiben yr adolygiad hwn, ym mhrif grwpiau'r deunyddiau cysefin cyfunol ac anghyfunol (Tabl 2). At hynny, mae'r prif grwpiau pridd hefyd i'w cael ym mhob math o dirlun (Tabl 6) a phob math o ecosystem (Tabl 7). Canlyniad y ffaith bod y prif grwpiau priddoedd hyn i'w cael mor helaeth ymysg gwahanol ddeunyddiau cysefin, tirweddau, hinsoddau a mathau o llystyfiant yw ei fod yn dangos mai newidynnau cyflwr Jenny yw sail ffurfiant pridd a bod hyn wedi'i adlewyrchu yn y modd mae priddoedd Cymru'n cael eu dosbarthu a'u mapio yng Nghyffresi a Chydgyrneddau'r SSEW. Mae Adran 3.4 yn trafod y

safleoedd yn y tirluniau lle bydd y prif grwpiau pridd hyn ar eu hamlycaf wrth gael eu ffurfio yng Nghymru, yn enwedig o ran yr hinsawdd a'r dirwedd.

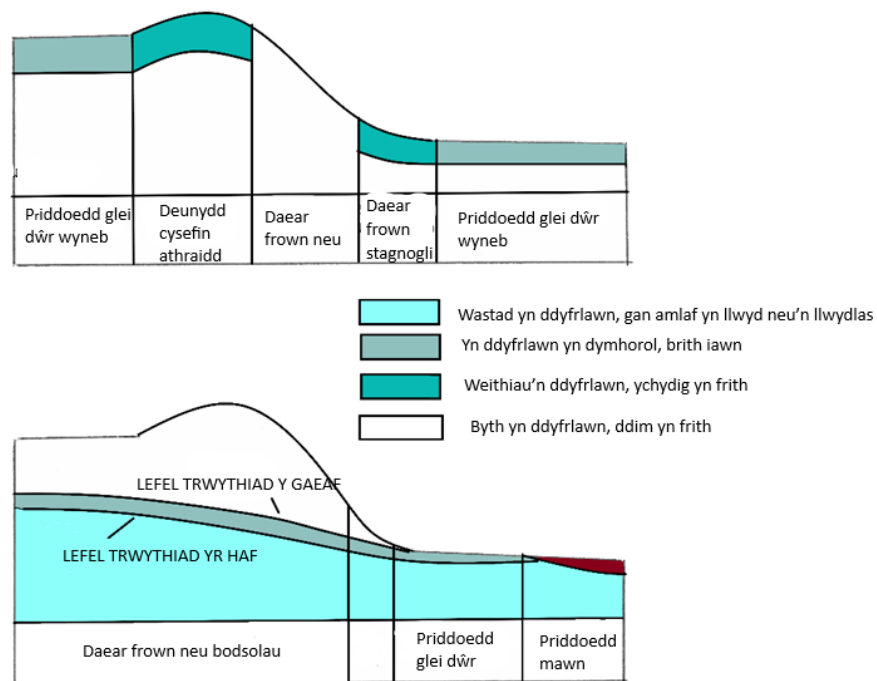
MODELAU FFURFIANT PRIDD YNG NGHYMURU: NEWIDYNNAU CYFLWR JENNY, LLEOLIAD A THIRLUN

Mae'r wybodaeth yn Adran 2.2 (newidynnau Jenny) ac yn Adran 3 sy'n dangos y cysylltiadau rhwng deunydd cysefin, y math o bridd a gorchudd tir yn rhoi sylfaen ar gyfer disgrifio drwy fodelau ble y mae'r prif fathau o bridd yn fwyaf tebygol o fodoli yn nhirlun Cymru (Rudeforth et al. 1984). Mae Ffigur 5 yn rhoi crynodeb o'r rhyngweithio rhwng priddoedd, hinsawdd, tirwedd a chroniad deunydd organig, ac yn dangos ble mae'r prif fathau o briddoedd yn debygol o gael eu canfod. Mae'r perthnasau hyn yn sylfaenol i sut a pham y bydd priddoedd yn datblygu yng Nghymru. Ymhlith y pwyntiau o bwys mae'r canlynol: (i) mae'r priddoedd brown i'w cael yn bennaf ar lethrau sydd wedi'u draenio'n dda (e.e. cydgymunedau Denbigh a Milford sy'n helaeth ac yn gallu bod yn llesol i amaethyddiaeth, yn enwedig glaswelltir, er y gall yr hinsawdd ac onglau'r llethrau gyfyngu ar dyfu grawnfwydydd a garddwriaeth). Cerrig silt, cerrig llaid, siâl, tywodfaen a llechi yw'r deunyddiau cysefin fel arfer (Tabl 5); (ii), ar uchder uwch a phan geir dyodiad cynyddol, maent yn troi yn briddoedd podsolig brown (e.e. Cydgymuned Manod) ac yna'n briddoedd stagnopodsolig (e.e. Cydgymunedau Hafren a Gelligaer), gyda mawn yn yr amgylcheddau gwlypaf ac uchaf. Ar y llethrau isaf, lle bydd draeniad yn cronni, bydd priddoedd stagnogli (e.e. Cydgymunedau Cegin a Brickfield) a phriddoedd glei stagnohwmig (e.e. Cydgymunedau Wilcocks 1 a 2) i'w canfod fel arfer, ynghyd â mawn mewn basnau. Mae modelau cysyniadol eraill ar gyfer datblygiad pridd, wedi'u seilio ar ddyodiad a draeniad llethrau, wedi'u creu ar gyfer Cymru (Rudeforth et al. 1984), ac maent yn ysgogiad hanfodol er mwyn creu dilyniannau catenâu, yn enwedig wrth benderfynu ble y bydd podsoleiddio a gleio'n digwydd, yn dibynnu ar y draeniad a'r dŵr ffo. Mae natur athreiddedd y deunydd cysefin yn dylanwadu'n sylweddol ar ddatblygiad pridd.

Ffigur 5: Perthynas priddoedd, yr hinsawdd a thirwedd yng Nghymru. Ffynhonnell: Rudeforth et al. 1984



Ffigur 6: Perthynas tirwedd, hydroleg a ffurfiant pridd yng Nghymru. Ffynhonnell: Rudeforth et al. 1984



Y RHYNGWEITHIO RHWNG NEWIDYNNAU CYFLWR JENNY A PHEDOGENESIS YM MHRIDDOEDD CYMRU

Tra bo 3.4 yn dangos ble mae gwahanol fathau o briddoedd yn debygol o ddatblygu yn nhirlun Cymru, ceir rhyngweithio pellach sy'n sbardun i ddatblygiad pridddegol sy'n deillio o'r rhyngweithio rhwng newidynnau cyflwr Jenny, ac mae angen trafod y rhain.

Deunydd cysefin pridd ac adeiledd

Cydnabyddir bod deunydd cysefin pridd yn darparu priddoedd sydd ag ystod eang o nodweddion ffisegol, er enghraifft ei wead, ei ddwysedd, ei fandylledd, a'i fwynoleg (e.e. 2: 1 cleiau sy'n ehangu). Mae'r rhain yn newidynnau pwysig sy'n helpu i benderfynu sut y bydd deunydd cysefin pridd yn hindreulio a sut y bydd adeiledd pridd yn datblygu. Mae adeiledd pridd yn bwysig gan ei fod yn rheoli dynameg gwlybanaeth pridd, sy'n ysgogiad o bwys wrth benderfynu ar ddyfnder pridd a datblygiad haenlinau. Mae dynameg adeiledd a gwlybanaeth pridd (gweler Ffigur 6) yn hanfodol er mwyn penderfynu sut y defnyddir tir a gwasanaethau ecosystemau. Yng Nghymru, yn aml bydd gan briddoedd brown (e.e. Denbigh) sy'n datblygu o greigiau cyfunol (cerrig silt, cerrig llaid, tywodfeini, llechi) broffiliau is caregog iawn, ac adeiledd clapiog sy'n galluogi'r pridd i ddraenio'n gyflym iawn. Yn aml, bydd gan briddoedd podsolig isbridd caregog am y rheswm hwn. Er enghraifft, fel arfer bydd gan briddoedd cyfres Hafren, sef priddoedd stagnopodsolig fferrig, lomau cymharol garegog a thywodlyd, neu isbridd clapiog is-onglog mawr. Mae proffiliau'r priddoedd hefyd yn fas (~60cm) a dyma nodweddion arferol pridd sydd wedi datblygu o ddeunyddiau cysefin sy'n graig galed (tywodfaen a cherrig silt). Mae gan briddoedd glei stagnohwmig cambig Cydgymunedau Wilcocks (1 a 2) isbridd lomaidd clai cymharol garegog, gydag adeiledd gwan canolig clapiog neu brismatig ac adeiledd pacin uchel, ac adeiledd gwannach a thystiolaeth o gleio yn haenlinau 'B' a 'C' sy'n dangos nad yw'n draenio mor rhwydd â'r priddoedd brown. Mae'r priddoedd stagnogli cambig (e.e. Cydgymunedau Cegin a Brickfield), sydd wedi deillio o ddeunydd cysefin anghyfunol, yn dangos adeiledd mwy masfawr a gwan, sy'n amharu ar ddraenio ac yn dangos gleio. Tra bo adeiledd yn helpu i ddylanwadu ar ddraenio, mae'r safle yn y tirlun hefyd yn bwysig ac mae'r rhain yn fecanweithiau o bwys yn natblygiad haenlinau

yng Nghymru. Er enghraifft, mae'r priddoedd brown yn aml i'w canfod ar lethrau (Ffigur 5) sy'n cyfrannu at ddraenio ac yn atal gleio.

Ystyriaethau'n ymwneud â bioleg pridd

Mae ffurfiant pridd yn dibynnu ar rôl bioleg. Ar y cychwyn, bydd deunyddiau cysefin pridd fel pH, adeiledd a maint gronynnau, ynghyd â hinsawdd a thirwedd, yn creu amgylchedd ffisegol-gemegol ar gyfer cytrefiad cychwynnol planhigion a phoblogaethau microbaidd, mesoffawna a macroffawna yn y deunydd cysefin, ac yna ar gyfer datblygu strwythur cymunedol. O ran llystyfiant, ceir cysylltiad rhwng y prif fathau o bridd yng Nghymru a mathau o orchudd tir ac ecosystemau (Tabl 7). Drwy dwf, bydd prosesau hindreulid ffisegol (e.e. treiddiad gwreiddiau) a chemegol (e.e. cynhyrchu asidau organig) yn digwydd, bydd deunydd organig yn cael ei ddyddodi a'i ddosbarthu drwy'r proffil gan brosesau ffawna a fflurol fel aflonyddiad a dyddodiad gwreiddiau, a bydd cylchu maetholion bioddaeargemegol yn dechrau. Dyma ganlyniad hyn: yn gyntaf, bydd bioleg y pridd yn helpu i sbarduno datblygiad mathau amrywiol o bridd (e.e. podsoleiddio), ac yn ail, bydd pob math o bridd yn datblygu ei fioamrywiaeth pridd ei hun wrth i ddatblygiad pridddegol ddigwydd. Dangosodd Seaton et al. (2020) fod heterogenedd gweddol pridd (priodwedd sy'n deillio o'r deunydd cysefin) yn cael dylanwad cadarnhaol ar amrywiaeth bacteriol, ond ychydig o effaith yn unig ar amrywiaeth ffwngaid. Mae disgwyl i newid defnydd tir neu ddwysáu'r defnydd effeithio ymhellach ar fioamrywiaeth pridd. Mae ymchwil diweddar ar sail monitro Glastir (Emmet et al. 2017) yn dangos y berthynas rhwng priodweddau pridd, defnydd tir a bioleg y pridd. Dangosodd George et al. (2019) bod tueddiadau amrywiol o ran cyfoeth yr anifeiliaid a'r cyfoeth microbaidd (bacteria, archaea, ffyngau a phrotistiaid) mewn 7 o ecosystemau tymherus, tra nad oedd tueddiadau o'r fath o ran β -amrywiaeth (strwythur cymunedol). Roedd defnydd tir a phriodweddau pridd fel pH, cymhareb C:N, uchder, deunydd organig a'r dyodiad blyneddol yn dylanwadau ar gyfoeth y cymunedau microbaidd. Yn achos helaethder anifeiliaid, ni chanfuwyd cysylltiadau o bwys wrth edrych ar newidynnau amgylcheddol, ond mae defnydd tir dwysach yn effeithio'n negyddol ar yr helaethder. Gan hynny, mae dylanwadau niferus a phwyntiau

tyngedfennol yn gysylltiedig â bioleg y pridd wrth edrych ar ddatblygiad priddoedd. Mae bioamrywiaeth yn wasanaeth ecosystem sylfaenol mewn pridd, a rhaid i bridd ddal i ddatblygu'n naturiol i gynnal yr amrywiaeth lawn.

CAM SONARR 3: CADERNID – DULLIAU AR GYFER CANFOD TUEDDIADAU AR SAIL CYFRADDAU FFURFIO

Mae mynd i'r afael â diraddiad pridd a chynnal cynaliadwyedd yn nod pwysig, ac mae'r cysyniad o gadernid pridd yn rhoi sylw i hyn. Fe'i diffinnir fel capasiti pridd i adfer ei gyfanrwydd adeileddol a swyddogaethol ar ôl i rywbeth darfu arno (Seybold et al., 1999). Gan hynny, er mwyn deall 'cadernid', mae angen deall cyfraddau ffurfio pridd yng nghyd-destun cynhyrchu a datblygu haenlinau a'r gallu i adfer yn dilyn defnydd tir a digwyddiadau sy'n gysylltiedig â'r hinsawdd. Yn gyntaf, adolygir y dulliau a ddefnyddir ar gyfer asesu ffurfiant pridd, yn ail, caiff y cyfraddau sydd wedi'u cyhoeddi eu hasesu, ac yn drydydd, defnyddir y cyfraddau wrth edrych ar gynhyrchu a ffurfio pridd yng nghyd-destun Cymru.

DULLIAU AR GYFER CREIGIAU CYFUNOL

Mae'r adran hon o'r adolygiad yn ystyried dulliau o fesur ffurfiant pridd ar ddeunyddiau cysefin cyfunol, sy'n cynnwys categorïau'r ESB, 100 (creigiau clastig cyfunol), 200 (creigiau gwaddodol sydd wedi gwaddodi'n gemegol, wedi anweddu, neu sydd â tharddiad organogenig), 300 (creigiau igneaidd), a 400 (creigiau metamorffig) a deunyddiau cysefin litho-sgerbydol yn arolwg pridd Cymru a Lloegr (gweler Tablau 2, 3, 4 a 5). Mae'r deunyddiau cysefin cyfunol yn cynnwys creigiau gwaddodol clastig (e.e. tywodfaen, siâl) a chreigiau gwaddodol nad ydynt yn glastig (e.e. calchfaen), creigiau igneaidd (e.e. gwenithfaen), a chreigiau metamorffig (henithfaen). O'n dadansoddiad yn Nhabl 4, rydym yn gwybod bod y deunyddiau cysefin hyn yn gyfrifol am 48% o briddoedd Cymru a'r deunyddiau cysefin amlycaf yw cerrig llaid, tywodfeini a siâl.

Dadansoddi radioniwclidau cosmogenig

Nod y dechneg hon yn y pen draw yw canfod ar ba gyfradd mae'r creigwely o dan broffil y pridd yn hindreulio yn bridd. Er mwyn gwneud hyn, tybir bod cyfradd hindreuliad y creigwely yn hafal i'r gyfradd a welir wrth i ryngwyneb y pridd-creigwely ostwng i'r proffil. Mae hyn, yn ei dro, yn hafal i'r gyfradd a welir wrth i'r pridd dewychu uwchben y rhyngwyneb hwn. Gan fod y dull yn mesur hindreuliad y creigwely dros gyfnodau milflwyddol, nid oes modd canfod achosion o adeiladu at i fyny mewn pridd; hynny yw, trwch priddoedd yn cynyddu ar arwyneb y proffil (e.e drwy ychwanegiad deunydd organig). Fel mae'n digwydd, dyma hefyd y rheswm pam na ellir defnyddio'r dull i asesu effeithiau defnydd tir ar gyfraddau hindreuliad creigwelyau, gan fod unrhyw newidiadau mewn defnydd tir ac mewn arferion rheoli yn gyfran fechan iawn yn unig o'r cyfnod sydd dan sylw wrth wneud gwaith dadansoddi radioniwclidau cosmogenig. At hynny, mae'r dechneg hon yn tybio bod y proffil pridd wedi deillio o hindreuliad y creigwely oddi tano, yn hytrach nag o ddeunydd cysefin alochthonaidd fel y dyddodion drifft sy'n gorchuddio ardaloedd mawr o Gymru. I ganfod cyfradd ostwng y creigwely a chyfradd dewychu'r pridd, mae angen canfod trwch presennol y proffil pridd. Caiff hyn yn aml ei fesur ar y safle, ac nid yw'n rhoi sylw i ddwysedd swmp pridd, gan y credir nad yw'r dechneg yn sensitif i briodweddau o'r fath. Y newidyn arall i'w fesur yw hyd y cyfnod pan ffurfiodd y proffil pridd hwn; hynny yw, faint o amser sydd wedi mynd heibio ers pan oedd y creigwely ar arwyneb y proffil. Gellir defnyddio dadansoddi radioniwclidau cosmogenig i ganfod yr hyd hwn. Mae dadansoddi radioniwclidau cosmogenig wedi cael ei ddefnyddio i ganfod cyfraddau amrywiaeth eang o brosesau geomorffig (Lal, 1991) gan gynnwys mesur ffurfiant pridd o ddyddodion cyfunol (Heimsath *et al*, 1997).

Pan fydd seren yn marw, caiff pelydrau cosmogenig eu rhyddhau o'r uwchnofa, a'r rheini'n peledu'r Ddaear, gan ryngweithio â'r mwynau ym metrau uchaf arwyneb y Ddaear, lle bydd adwaith cemegol yn digwydd, a radioniwclidau cosmogenig yn cael eu cynhyrchu. Yn eu plith mae Beryliwm-10 (^{10}Be), Alwminiwm-26 (^{26}Al), a Chlorin-36 (^{36}Cl); mae'r union radioniwclid sy'n cael ei gynhyrchu yn dibynnu

ar y mwyn yn arwyneb y Ddaear. Er enghraifft, mae mwynau cwarts yn arwain at Beryliwm-10, tra bo mwynau carbonad yn ffurfio Clorin-36. O ganlyniad, mae effeithiolrwydd y dechneg yn dibynnu ar argaeledd ac ar gyflenwad o'r mwyn dan sylw yn y creigwely. Gan fod y crynodiad o radioniwclid yn gysylltiedig â hyd y cyfnod pan fu mwyn mewn cyswllt â'r pelydrau cosmig, gellir mesur cyfanswm crynodiad radioniwclid penodol i amcangyfrif hyd y cyfnod ers dechrau'r cyswllt hwn.

Y nod yw pennu hyd y cyfnod ers pan gafodd radioniwclidau cosmogenig eu cynhyrchu am y tro cyntaf yn y creigwely ar adeg pan oedd y creigwely wedi'i leoli yn lle mae arwyneb y pridd bellach (h.y. safle'r creigwely cyn ffurfio'r pridd). Fodd bynnag, nid yw'n syniad da pennu beth yw crynodiad radioniwclidau o sampl sydd wedi'i echdynnu o arwyneb y pridd, gan fod tuedd i briddoedd (ac uwchbriddoedd yn enwedig) gael eu symud, i bethau darfu arnynt, ac iddynt gymysgu. Yn hytrach, dylid cael sampl o bwynt yn is ym mhroffil y pridd lle nad oes unrhyw gymysgu fertigol neu ochrol wedi bod, fel y cerrig pwdr neu hyd yn oed y creigwely heb ei hindreulio oddi tanodd. Gan fod y pelydrau cosmig yn gwanhau wrth iddynt deithio i lawr drwy'r proffil pridd, cynhyrchir crynodiad llai o'r radioniwclid mewn dyfnder na'r crynodiad a gynhyrchir yn arwyneb y pridd. Mae hi felly'n bwysig rhoi sylw i wanhau o'r fath. Gwneir hyn yn aml gan ddefnyddio model a ddyfeisiwyd gan Lal (1991). At hynny, dangosodd dadansoddiad sensitifrwydd diweddar gan Evans *et al.* (2021) sut mae dwysedd swmp y pridd gorchuddiol yn effeithio ar y modd y bydd y pelydrau cosmig yn gwanhau. Mae angen ystyriaethau ychwanegol eraill, gan gynnwys yr angen i normaleiddio cyfradd gynhyrchu'r radioniwclid yn unol ag uchder, hydred a lledred lleoliad y sampl. Mae hefyd angen ystyried unrhyw rwystrau uwch y ddaear a allai gysgodi arwyneb y ddaear rhag fflwcs y pelydrau cosmig (h.y. topograffi neu llystyfiant) (Dunne *et al.*, 1999; Stone *et al.*, 2000; Balco *et al.*, 2008; Stockmann *et al.*, 2014).

Gan fod y radioniwclid cosmogenig yn cael ei gynhyrchu y tu mewn i ronyn mwynol *in situ*, mae angen ynysu ac echdynnu'r radioniwclid cyn mesur ei grynodiad. Mae hyn yn gofyn am ddilyniant o waith labordy trylwyr a chymhleth. Er enghraifft, o ran ynysu ^{10}Be mewn cwarts, mae'r weithdrefn hon yn

golygu dilyn dau gam o bwys. Yn y cam cyntaf, caiff y cwarts ei ynysu drwy gael gwared ar y metelau a'r carbonadau gan ddefnyddio asidau nitrig a hydroclorig, gan wahanu'r cwarts o ddeunydd nad yw'n gwarts gan ddefnyddio gwahanu magnetig, a gadael i'r mwynau eraill arnofio i ffwrdd gan ddefnyddio arnofiant ewyn. Pan gaiff cwarts ei ynysu, dilynir ail gam i wahanu Beryliwm o'r elfennau eraill yn y cwarts (e.e. Haearn, Titaniwm, Alwminiwm, ac ati). Pan fydd y ffracsiwn Beryliwm wedi'i echdynnu, caiff ei drawsnewid yn Beryliwm Ocsid a'i wasgu yn gatod.

Mae'r catodau'n cael eu rhoi drwy Sbectromedreg Màs Cyflymu (AMS) sy'n gallu mesur crynodiad y radioniwclid. Gellir defnyddio'r crynodiad hwn wedyn i ôl-gyfrifo'r crynodiad ar yr arwyneb lle dechreuodd y creigwely ffurfio pridd. Gan wybod cyfradd gynhyrchu flynyddol y radioniwclid, a'r crynodiad hwn sydd wedi'i ôl-gyfrifo, gellir amcangyfrif oedran y pridd; hynny yw, yr amser ers pan oedd y creigwely ar arwyneb y Ddaear. Gan ddefnyddio'r oedran hwn, a thrwch presennol y proffil pridd, gellir cyfrifo cyfradd ostwng y creigwely.

Isotopau Cyfres U:

Drwy astudio'r newidiadau yng nghyfansoddiad isotopau cyfres Wraniwm (cyfres U) drwy broffiliau pridd a chreigwelyau, gellir canfod sut y symudodd rhyngwyneb y pridd-creigwely tuag i lawr, ac felly gellir cyfrifo cyfraddau ffurfiant y pridd. Mae'r cyflenwad o isotopau cyfres U mewn proffiliau pridd yn amrywio dros amser, ac yn dibynnu ar ddadfeiliad ymbelydrol cynhenid, eu colled drwy ddiddymiad, a'u hennill drwy ddyddodiad. Pan fydd isotop cyfres U yn hindreulio i'r proffil pridd, mae'n mynd yn rhan o'r proffil yn rhyngwyneb y pridd-creigwely. Dros amser, wrth i'r creigwely hindreulio, bydd rhyngwyneb y pridd-creigwely ym symud i lawr y proffil, gan gynyddu ei bellter o'r isotop cyfres U (Dosseto *et al.*, 2006; Dosseto *et al.*, 2011). Mae Wraniwm yn fwy symudol a hydawdd na Thoriwm. Yn ystod hindreuliad cemegol, collir ^{238}U (un isotop penodol o Wraniwm) drwy ddiddymiad, sy'n arwain at gyfoethogi cymharol ^{230}Th . Felly, byddai disgwyl i sampl o'r cyfnod diddymu gynnwys mwy o ^{238}U na ^{230}Th . Dros amser, bydd ^{238}U yn dechrau dadfeilio, ac ^{234}U yn cronni. Ar y pwynt hwn, byddai

disgwyl i sampl o'r cyfnod diddymu gynnwys mwy o ^{234}U na ^{238}U . Mae mesur cymarebau $^{238}\text{U}/^{230}\text{Th}$ ac $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ yn y cyfnod diddymu i lawr y proffil pridd ac i mewn i'r creigwely yn gallu helpu wrth geisio canfod hyd y cyfnod ers yr hindreuliad cychwynnol a rhyddhau niwclidau o'r creigwely i'r proffil pridd. O hyn, gellir cyfrifo ar ba gyfradd mae rhyngwyneb y pridd-creigwely yn symud i lawr y proffil.

Cyfyngiadau

Mae nifer o gyfyngiadau o ran logisteg a dadansoddi a thybiaethau sy'n ymwneud â'r gwaith arbrofi yn cyfyngu ar effeithlonrwydd pob techneg, a chrynhair y rhain yn Nhabl 8. Prif gyfyngiadau'r technegau hyn yw eu bod yn aml yn gofyn am fwynoleg benodol (e.e. cwarts ar gyfer radioniwclidau cosmogenig) sy'n cyfyngu eu defnydd i'r creigiau a gaiff eu harchwilio. Hefyd, mae angen cyrraedd y ffin rhwng arwyneb y graig a'r pridd, ac mae angen safleoedd lle nad oes gormod o darfu wedi bod, lle nad yw'r pridd wedi'i gymysgu. Mae angen i ddyluniad y samplo allu ystyried dylanwadau geomorffolegol (e.e. llethrau).

Tabl 8: Crynodeb o'r cyfyngiadau o ran logisteg a dadansoddi, a'r tybiaethau sy'n ymwneud â'r gwaith arbrofi

Dull	Cyfyngiadau gofodol	Cyfyngiadau amseryddol	Costau ariannol ^a	Hyd y dadansoddiad ^a	Cyfyngiadau sensitifrwydd (ffactorau CIORPT)	Y prif dybiaethau
Dadansoddi radioniwclidau cosmogenig	Mae angen gallu cyrraedd y cerrig pwdr/creigwely er mwyn echdynnu'r sampl. Cyfyngiadau o ran helaethder a maint y mwynau yn yr haenlin a gaiff ei samplo, lle bydd radioniwclidau yn ffurfio.	Amserlenni 1-100 kyr.	~£1,580 y sampl	~1 wythnos ar gyfer samplo; ~8 mis i baratoi a dadansoddi'r sampl	Mae'r dechneg yn sensitif i'r dirwedd a'r deunydd cysefin. Mae'n rhannol sensitif i'r hinsawdd, er bod bwlch yn y dystiolaeth ynghylch pa mor sensitif yw'r dechneg i amrywiadau lleol yn y meso-hinsawdd. Nid yw'r dechneg yn sensitif i organebau nac arferion rheoli tir tymor byr.	Mae'n tybio bod effaith rheoli tir yn y tymor byr yn fychan iawn ar sut y bydd y creigwely'n hindreulio. Mae'n tybio mai dim ond yn y rhyngwyneb pridd-creigwely y bydd pridd yn ffurfio.
Isotopau Cyfres U	Mae angen mynediad i'r cerrig pwdr/creigwely i echdynnu'r sampl.	~500 kyr	~£700 y sampl	Misoedd	Mae'r dechneg yn sensitif i'r dirwedd a'r deunydd cysefin. Gellir gweld effaith yr hinsawdd ac organebau ar y cyfraddau hindreulio. Gellir gweld effaith rheoli tir drwy newidiadau i'r cyfraddau hindreulio cemegol.	Mae'n tybio mai dim ond yn y rhyngwyneb pridd-creigwely y bydd pridd yn ffurfio. Mae'n tybio bod y modd mae isotopau cyfres U yn cael eu rhyddhau o'r creigwely yn gyson. Mae'n tybio nad yw isotopau cyfres U wedi'u hymgorffori yn y pridd sy'n cael ei samplo, neu wedi trwytholchi ohono.

^aAmcangyfrifon wedi'u seilio ar fesur ffurfiant pridd i lawr llethr un bryn.

4.2 DULLIAU AR GYFER CANFOD FFURFIANT PRIDD MEWN CREIGIAU ANGHYFUNOL

Mae'r rhan hon o'r adolygiad yn asesu'r dulliau hynny sy'n addas ar gyfer asesu ffurfiant pridd yn rhai o gategoriâu DCP yr ESB, sef categori 500 (dyddodion anghyfunol, llifwaddod, gweddillion hindreuliad, dyddodion llethr), 600 (dyddodion rhewlifol anghyfunol, drifft rhewlifol), a 700 (dyddodion aeolaidd). Fe'u ffurfiwyd drwy ailddosbarthu gwaddod gyda thri phrif ysgogiad erydol a dyddodol; rhewlifiant, dŵr, a gwynt (aeolaidd). Cydnabyddir bod ailddosbarthu gwaddod yn broses allweddol mewn nifer o fodelau ar gyfer datblygiad pridd, fel dosbarthiad catenâu (Sommer a Schlichting, 1997), cysyniad cylch K Butler (Butler, 1959) neu'r cronogramau pridd-tirlun (Vreeken, 1984). O Dabl 4, gwelir bod y deunyddiau cysefin hyn yn gyfrifol am tua 39% o briddoedd Cymru, gyda'r gyfran fwyaf i'w chael mewn drifft (Tabl 2).

Er bod prosesau erydu dŵr, gwynt a llethrau yn parhau i gyfrannu at ffurfiant pridd, mae llawer o'r DCP anghyfunol yn deillio o brosesau sy'n gysylltiedig â newid hirdymor yn yr hinsawdd a newid geomorffolegol. Cafodd nifer o ddyddodion DCP llifwaddodol a dyddodion DCP ar lethrau eu creu gan hinsoddau oer (rhewlifol) yn ystod y cyfnod Cwaternaidd, a hynny drwy brosesau fel priddlifau ac adeiladu cerlannau mewn afonydd, pan na fyddai llawer o orchudd llystyfiant, a phan fyddai gormodedd o ddeunydd ar gael yn sgil prosesau rhewlifol. Arweiniodd enciliad rhewlifol at ddyddodi til a dyddodion rhewlifol eraill, tra bo Cymhwysiad Isostatig Rhewlifol a chynnydd yn lefel y môr yn parhau i arwain at ailgymhwyso onglau llethrau, gan effeithio ar brosesau erydu llethrau dros y tymor hwy. Mae cynhyrchu casglifiad a llifwaddod yn amlwg iawn ym mhrosesau erydu'r Holosen. Mae Tabl 9 yn edrych yn gryno ar ffynonellau DCP anghyfunol.

Tabl 9: Y prif ddyddodion DCP anghyfunol a geir yng Nghymru

Ffynhonnell y gwaddod anghyfunol	Y math o ddyddodiad	Ffynhonnell	Cyfeiriadau
Dyddodion Rhewlifol	Til, tir ponciog, deunydd marianau	Enciliad rhewlifol ac ail-estyniad	McMillan et al. (2011)
Dyddodion Llethrau	Pen	Priddlifau ffinrewlifol, ac oerlifau. Wedi ffurfio'n bennaf yn ystod cyfnodau o gynhesu ar ôl amodau rhewlifol. Dyddodion eang iawn yn y DU.	Harrison et al. (2010)
	Dyddodion mewnlenniwy dyffrynnoedd	Dyddodion hŷn yw'r rhain sy'n casglu ar waelod dyffrynnoedd yn sgil amodau rhewlifol a newid i ddefnydd tir, fel datgoedwigo. Yn aml yn gylchol eu natur, gyda mwy nag un cyfnod o adeiladu DCP. Dros amser daearegol, bydd proses ailaddasu'r llethr yn ymateb i gymhwysiad isostatig rhewlifol a chynnydd yn lefel y môr.	Preece a Bridgland, 1999; Chiverrell et al. 2007).
	Casgliad Modern	Erydiad pridd sy'n gysylltiedig gan amlaf â newid defnydd tir ac amaethyddiaeth. Dechreuodd erydiad eang wrth newid defnydd tir yn y pontio rhwng y cyfnodau Mesolithig a Neolithig. Mae amrywiad yn yr hinsawdd yn ystod yr Holosen hefyd wedi arwain at gyfnodau lle ceir mwy o erydu.	Evans, 1990
Dyddodion Llifwaddodol	Cerlannau afonydd afonol rhewlifol	Mae'r rhain yn aml yn bodoli fel cerlannau unigol neu gyfres o gerlannau sy'n aml yn ffurfio o gymysgedd o dywod a graean. Maent yn ffurfio drwy gydbwysedd rhwng cymhwysiad isostatig rhewlifol a chynnydd yn lefel y môr. Maent yn ffurfio mewn amgylcheddau egni uchel pan fydd yr iâ yn dadmer a chyflenwad helaeth o ddeunydd ar gael	Bridgland, 2000
	Dyddodion gorlifdiroedd yn ystod yr Holosen	Mae'r rhain yn troshaenu cerlannau afonydd ac yn adlewyrchu erydiad pridd yn ystod yr Holosen. Er ei bod yn broses barhaus, mae 16 o 'ddigwyddiadau llifogydd' wedi'u canfod yn y DU yn ystod yr Holosen pan fu mwy o erydiad a dyddodiad o ganlyniad i gyfnodau hinsoddol 'gwlypach' ar raddfa ganmlwyddol	Benito et al. 2015

Mae ffurfiant pridd yn y dyddodion hyn yn datblygu mewn dwy ffordd. Gellir asesu ehangder ffurfiant pridd yn y dyddodion hynny sy'n gysylltiedig â rhewlifau (e.e. til, cerlannau afonydd) drwy'r newidiadau biolegol, ffisegol a chemegol sy'n digwydd wrth i'r solwm (e.e. haenlinau O-B) ddatblygu. Mae hyn fel arfer yn cyd-fynd â phroses haenlino. Yr ail ffordd y bydd priddoedd yn ffurfio yw drwy adeiladu at i fyny, ac yn enwedig felly ddyddodion llifwaddod a chasgliad. Ceir diddordeb penodol yng nghyfradd ddyddodi gwaddod, ac yn ddiweddarach, yn y gyfradd haenlino. Mae'r methodolegau canlynol yn rhoi gwybodaeth am sut y gallwn fesur oedran ffurfiant pridd mewn DCP anghyfunol.

Gellir defnyddio amryw o ddulliau i asesu oedran priddoedd mewn creigiau anghyfunol drwy ddehongli'r tirlun a/neu drwy ddyddio cydran yn y tirlun sydd wedi bod yn y safle hwnnw ers i ddeunydd cysefin y pridd gael ei osod yno. Gall y dulliau hyn gynnwys (i) dehongliadau daearegol a

geomorffolegol a (ii) technegau i ganfod trwch proffil-oedran yr arwyneb. Gellir mesur proffiliau pridd unigol mewn ffyrdd cymhlethach drwy fynd ati i ddyddio gan ddadansoddi faint o isotop sy'n bodoli yn y proffil (e.e. dyddio ^{10}Be). Fodd bynnag, y technegau dyddio mwyaf cyffredin ar gyfer gwaddodion anghyfunol yw'r rheini sy'n dyddio proses bedogenig neu gydran matrices pridd claddedig, fel tywod neu haen garbon organig gladdedig, a hynny mewn dyfnder hysbys yn y proffil. Y dybiaeth wedyn yw bod y pridd uwchben y pwynt hwn yn iau, ac felly mae'n rhoi amcan o oedran y pridd neu'r broses uwchben y dyfnder sydd wedi'i ddyddio. Ymhlith y technegau hyn mae (i) dyddio ^{14}C , (ii) dyddio OSL neu ddyddio TL. Mae'r drydedd set o dechnegau yn defnyddio croniadau isotopau i bennu cyfradd adeiladau at i fyny priddoedd llifwaddodol neu briddoedd sydd wedi erydu. Mae'r rhain yn cynnwys defnyddio (i) ^{137}Cs a (ii) ^{210}Pb . Edrychir ar y dulliau hyn yn yr adrannau nesaf.

Dehongliadau daearegol a geomorffolegol

Mae'r dechneg hon yn darparu oedrannau bras y tirlun, fel oedrannau dirprwyol ar gyfer oedran y pridd, ar sail gwybodaeth am stratigraffeg ddaearegol a phrosesau geomorffolegol.

Techneg trwch proffil-oedran yr arwyneb (SAST):

Un o'r dulliau symlaf o gyfrifo cyfraddau ffurfiant pridd yw canfod trwch y proffil pridd, a chymhwyso hwn i oedran arwyneb sydd wedi'i ddyddio, fel dyddodyn rhewlifol (Egli *et al.*, 2014). Mae hyn yn dibynnu ar sefyllfa lle bydd yr arwyneb a gaiff ei ddyddio wedi'i ddyddodi drwy'r un broses gyffredinol (e.e. rhewlifant) a thua'r un pryd â phroffiliau'r pridd. Wrth ddyddio'r arwyneb, yr hyn a wneir yw amcangyfrif pryd ddaeth y pridd yn sefydlog yn isawyrol ac yn geomorffolegol (Schaetzl a Thompson, 2005, t. 555). Gall y dulliau dyddio gynnwys ^{10}Be ar greigiau ar systemau marian neu gennau. Mae tri phrif beth yn cyfyngu ar y weithdrefn syml hon. Yn gyntaf, mae'n tybio bod cyfraddau ffurfiant pridd yn gyson dros amser. Ail dybiaeth yw nad yw'r dull yn ystyried prosesau 'atchweliadol' bondigrybwyll sy'n cael gwared ar ddeunydd pridd o'r arwyneb, gan gynnwys erydiad pridd, masddarfodiant, trwytholchiad, a chynaeafu (Phillips *et al.*, 2005; Egli *et al.*, 2014). O ganlyniad, dim ond ar safleoedd

yn y tirlun sydd wedi bod yn sefydlog yn y tymor hir y gellir defnyddio'r dull hwn, neu ar briddoedd lle mae digon o orchudd llystyfiant i rwystro'r pridd rhag cael ei golli, er nad yw hyn yn amlwg yn rhoi ystyriaeth i'r holl brosesau atchweliadol a enwir uchod. Yn drydydd, gall nifer o brosesu dewychu priddoedd. Yn eu plith mae bioaflonyddu, corniant gwaddod, a chroniad deunydd organig a all gyfrannu at bedogenesis. Mae'r technegau hyn fel arfer yn gweddu orau i leoliadau anghysbell (e.e. ardaloedd lle bu enciliad rhewlifol), lle nad oes dim wedi ymyrryd ar y tirluniau. Yng Nghymru, gallai eu defnydd fod yn gyfyngedig, gan fod y tirluniau wedi'u rheoli'n drwm dros gyfnod hir o amser.

Amser preswyllo pridd gan ddefnyddio ^{10}Be Meteorig

Yn wahanol i radioniwclidau cosmogenig lle caiff ^{10}Be ei ddal mewn gronynnau cwarts, cynhyrchir ^{10}Be meteorig drwy'r rhyngweithio rhwng pelydriad cosmig egni uchel a niwclysau targed yn yr atmosffer, gan adael y glawiad i lanhau hwnnw o'r atmosffer. Pan fydd ar y ddaear, bydd yn cronni yn nyddodion yr arwyneb dros gyfnod o amser. Gan ddefnyddio'r dechneg hon, mae amrywiaeth o amseroedd preswyllo pridd o ~8 Ky i 136 Ky wedi cael eu dyddio. Gall fod perthynas uniongyrchol rhwng stocrestr ^{10}Be meteorig mewn pridd ac oedran y pridd (Maejima et al., 2005; Tsai et al., 2008) os tybir bod ei ormodedd mewn proffil pridd wedi'i arsugno i raddau helaeth iawn i ffracsiwn y ddaear fân. Mae'r dull yn dibynnu ar adfer yn effeithiol yr holl ^{10}Be sydd wedi'i ddyddodi yn y proffil. Fe'i profwyd yn Arsyllfa Pumlumon yng Nghymru (Dere, 2014), lle nad oedd yr amodau'n ffafriol i'w ddefnyddio'n llwyddiannus (e.e. ni lwyddwyd i adfer y ^{10}Be meteorig yn llawn). Ystyriwyd bod hyn o ganlyniad i natur asidig y pridd ym Mhumlumon, a oedd wedi trwytholchi'r ^{10}Be o safleoedd amsugno ar ocsidau a mwynau clai. Yn ddelfrydol, byddai gwerthoedd hydoddiant pH y pridd yn >pH 7 gan fod y modd y cedwir Be ar arwynebau mwynol yn newid yn sylweddol o dan y gwerth hwn (You et al. 1989). At hynny, dangosodd Boschi a Willenberg (2016) ddat sugniad Be o 97 % o fwynau clai wrth leihau pH o 6 i 4. Byddai'r datsugniad hwn pan fydd pH y pridd yn isel yn awgrymu y gallai defnyddio'r dechneg hon ym mhriddoedd Cymru, sy'n gyforiog o ddeunydd organig, arwain at gyfeiliornad ac at

danamcangyfrif yr oedran. Byddai'n bwysig hefyd dewis proffiliau nad ydynt yn erydu, gan y byddai hyn drachefn yn tanamcangyfrif faint o ^{10}Be sy'n bresennol.

DYDDIO DEUNYDDIAU MEWN PROFFIL PRIDD

Dyma dechneg gyffredin a ddefnyddir yn aml mewn astudiaethau geomorffolegol ac archeolegol. Mae'n golygu y gellir dyddio deunyddiau organig claddedig gan ddefnyddio ^{14}C , dyddio gronynnau cwarts neu baleosolau gan ddefnyddio OSL neu TL, a defnyddio hanner oesau radioniwclidau fel sbigynnau.

^{14}C

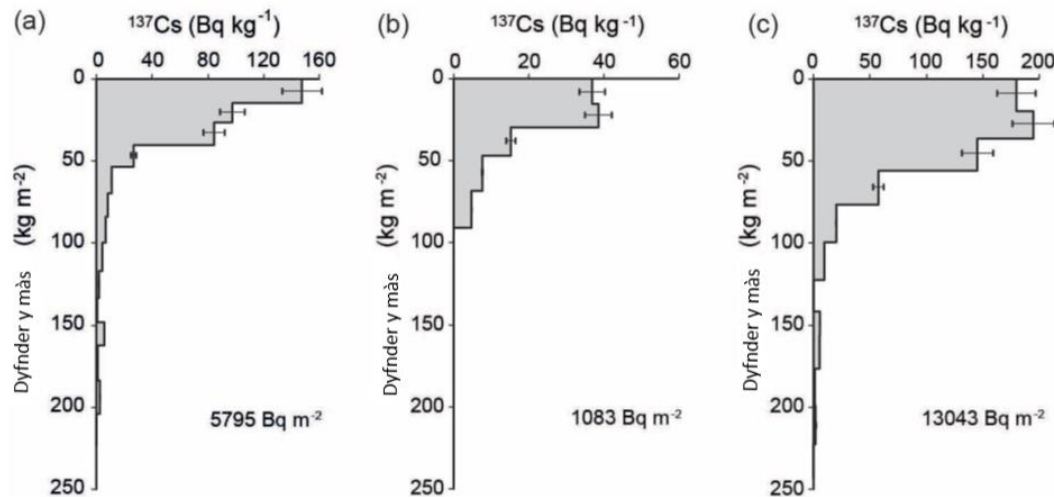
Efallai mai ^{14}C yw'r dull dyddio mwyaf cyffredin wrth edrych ar waddodion anghyfunol (Ramsey, 2008). Caiff radiocarbon ei gynhyrchu yn yr uwch atmosffer ac mae'n ffurfio $^{14}\text{CO}_2$ – nwy – sydd wedyn yn cael ei gymryd i mewn gan blanhigion yn ystod ffotosynthesis. O ganlyniad, caiff $^{14}\text{CO}_2$ ei integreiddio ym miomas planhigyn. Pan fydd y planhigyn yn marw, bydd ffotosynthesis yn stopio, a gellir mesur y crynodiad o $^{14}\text{CO}_2$ gweddilliol gan ddefnyddio Sbectromedreg Mäs Cyflymu (AMS). Gellir defnyddio'r crynodiad o ^{14}C i bennu oedran y radiocarbon, gan ddangos isafswm oedran y pridd. Mae cyfyngiadau'n gynhenid yn y dull hwn. Er enghraifft, gall haenlin pridd storio deunydd organig o amryw o gamau dadelfennu, gyda'u hoesau'n rhychwantu milenia. I fynd i'r afael â'r mater hwn, mae rhai ymchwilwyr yn defnyddio 'amser preswyllo cymedrig' (e.e. echdynnu hwmin; Parry et al. 2015). Mae angen gofal i sicrhau nad yw'r carbon a geir mewn haenlin pridd wedi tarddu o leoliad arall, ac wedi'i drawsgludo. Mae dyddio sy'n defnyddio ^{14}C mewn hen ddeunydd organig (e.e. priciau), siarcol neu arteffactau archeolegol eraill, sydd i'w cael mewn dyddodion casglifol neu lifwaddodol, yn cael ei ddefnyddio'n aml wrth ddyddio.

^{137}Cs a ^{210}Pb

Yn achos priddoedd casglifol a llifwaddodol, mae radioisotopau (e.e. ^{137}Cs a ^{210}Pb) wedi cael eu defnyddio i amcangyfrif oedran dyddodion a'r gyfradd ddyddodi. Yn ei ffurf symlaf, gellir defnyddio'r isotop i amcangyfrif oedran pan fydd ei absenoldeb neu ei bresenoldeb yn dangos hyd bras yr amser ers cronni'r pridd uwchben y gwaddod a samplwyd, ac yna asesu hyn drwy ei gymhwyso i hanner oes yr isotop. Ar gyfer ^{137}Cs , tua 80 o flynyddoedd (4 hanner oes) yw hyn, ac ar gyfer ^{210}Pb , mae'n ~130 o flynyddoedd (6 hanner oes). Yn achos ^{137}Cs , sy'n gynnwys profi bomiau niwclear yn y 1950au, ac a ryddhawyd yn dilyn damwain Chernobyl (1986), mae ei ddefnyddioldeb yn agos at ddod i ben.

I asesu cyfraddau ffurfio pridd, y newidyn hanfodol i'w ganfod yw cyflymder tewychu'r haenlinau casglifol. Er enghraifft, ac ystyried bod ^{137}Cs yn disgyn ar arwyneb y pridd, mae'r dosbarthiad wedi'i grynodi yn rhan uchaf proffil pridd. Felly, wrth i'r dyfnder gynyddu i lawr y proffil pridd, mae actifedd ^{137}Cs yn ôl uned o gyfaint yn lleihau (Ffigur 7). Lle nad oes erydiad na dyddodiad wedi bod, cyfeirir at y proffil pridd fel un ^{137}Cs , a gellir defnyddio hwn yn sylfaen i'w gymharu â phroffiliau eraill. Yn achos proffil sy'n adeiladu at i fyny, bydd gan gyfran uwch o'r uwchbridd fwy o actifedd ^{137}Cs . Ar sail cyfraddau'r llwch ymbelydrol, a chyfraddau'r dadfeilio ymbelydrol, gellir defnyddio'r cynnydd mewn ^{137}Cs mewn proffil adraddedig i bennu cyfradd adeiladu at i fyny'r pridd. Gellir cyflawni hyn gan ddefnyddio isotopau eraill hefyd, fel ^{210}Pb , sydd â hanner oes hwy.

Ffigur 7: Dosbarthiad ^{137}Cs mewn safle cyfeirio (a), safle erydol (b), a safle dyddodol (c). Sylwer bod crynodiad yr ^{137}Cs yn uwch yn y safle dyddodol nag yw ar y stocrestr. Ffynhonnell: Porto et al. (2013)



Ymoleuedd optegol (OSL) a thermol (TL)

Mae'r naill ddull a'r llall yn defnyddio gronynnau cwarts i ddyddio'r amser ers eu claddu, gan eu gwneud yn ddefnyddiol i ddyddio haenau mewn proffiliau neu baleosolau. Techneg yw Ymoleuedd Optegol Ysgogedig (OSL) a ddefnyddir i ddyddio'r tro olaf y daeth gwaddod cwarts i gysylltiad â golau. Gan fod gronynnau cwarts (gellir defnyddio gronynnau K-ffelspar hefyd) yn cael eu trawsgludo ar yr arwyneb, mae dod i gysylltiad â golau haul yn rhoi gwerth sero i'w signal ymoleuedd blaenorol. Pan fyddant wedi cael eu claddu, maent yn dod i gysylltiad ag ymbelydredd lefel isel yn y gwaddod o'u hamgylch, gan Gronni signal ymoleuedd gan fod ymbelydredd ïoneiddio yn cynhyrfu electronau'r rhiant-niwclysau yn y ddellten grisial. Bydd cyfran o'r electronau sydd wedi'u rhyddhau yn cael eu dal mewn diffygion neu dyllau yn nellten grisial y gronyn tywod cwarts, sy'n cael eu galw'n ganolfannau ymoleuedd, gan Gronni dros amser (Atkin, 1998). Yn y labordy, daw'r gronynnau hyn i gysylltiad â golau gwyrddlas allanol a rhyddheir yr electronau, gan allyrru ffoton o olau wrth ei ailgyfuno mewn safle tebyg. Er mwyn graddnodi'r oedran, yn gyntaf cyfrifir dos cywerth (De) y sampl drwy fesur ymoleuedd naturiol y sampl. Caiff y sampl ei gannu wedyn, gan roi dosau hysbys o ymbelydredd yn y labordy iddo,

er mwyn ffurfio cromlin raddnodi. Caiff cromlin raddnodi ei chreu ar gyfer pob sampl. Cyfrifir yr oedran wedyn drwy rannu'r dos cywerth (De) â chyfradd y dos yn yr amgylchedd sydd o amgylch y sampl:

$$\text{Oedran (kyr)} = \text{Dos cywerth (Gy)} / \text{Cyfradd y dos (Gy/kyr)}$$

Defnyddir thermo-oleuedd i ddyddio gwrthrychau claddedig sydd wedi'u gwresogi (e.e. crochenwaith) gan fod dod i gysylltiad â gwres yn ailosod arwyddiant thermo-oleuol y deunydd, ac fe'i defnyddir yn llai aml mewn astudiaethau pridd.

Dulliau sy'n dyddio prosesau pridddegol

Gellir amcangyfrif oedran pridd drwy ddyddio cynhyrchion prosesau pridddegol fel ffurfiant haearn a manganîs ocsid o rannau o'r proffil pridd. Mae'r dulliau (cyfres U, (U-Th)/He, $^4\text{He}/^3\text{He}$, $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$) wedi'u datblygu'n bennaf ar gyfer dyddio deunyddiau daearegol ac awgrymwyd y gellid eu defnyddio ar gyfer priddoedd (Cornu et al. 2009). Fodd bynnag, maent yn gymhleth i'w defnyddio mewn priddoedd o'u cymharu â chreigiau, ac ychydig iawn yn unig o ddefnydd a wnaed ohonynt gan y gymuned bridd, oherwydd cymhlethdodau esblygiad mwynol pridd. O bosibl, mae'r technegau hyn yn fwy addas i amgylcheddau trofannol, lle mae gan ffurfiant mwynol (e.e. ocsidau) yn aml fwy o grisialeiddiwch.

Tabl 10: Adolygiad o'r dulliau a ddefnyddir i ddyddio proffiliau gwaddod anghyfunol

Dull	Cyfyngiadau gofodol	Cyfyngiadau amseryddol	Costau ariannol ^a	Hyd y dadansoddiad ^a	Cyfyngiadau sensitifrwydd (ffactorau CIORPT)	Y prif dybiaethau
Dehongliadau daearegol a geomorffolegol	Gofodol eang		Amser tirfesurwyr	Ddim yn berthnasol		
SAST (Trwch Proffil Oedran yr Arwyneb)	Yr arwyneb wedi'i ddyddio sydd ar gael ac sy'n agos yn gyfyngiad. Mae angen cyrraedd cerrig pwdwr/creigwely.	Y gallu i ddyddio arwynebau yn gyfyngiad.	Cost isel (ar wahân i'r dechneg a ddefnyddir i dyddio'r arwyneb)	~1 wythnos i fesur trwch y proffil pridd; ~1 diwrnod i wneud y cyfrifiadau.	Ni all y dechneg ond asesu sut mae pridd yn tewychu dros amser.	Mae'n tybio bod ffurfiant pridd yn gyson dros gyfnod o amser. Mae'n tybio nad yw deunydd pridd yn cael ei dynnu o'r arwyneb. Mae'n tybio mai ffurfiant pridd yw'r unig broses sy'n tewychu priddoedd.
Ffracsiynau Darwagiad Cemegol <i>(yn cael ei ddefnyddio'n aml ochr yn ochr â Dadansoddi Radioniwclidau Cosmogenig)</i>	Mae angen mynediad i'r cerrig pwdwr/creigwely i echdynnu'r sampl. Gweler y cyfyngiadau ar gyfer Dadansoddi Radioniwclidau Cosmogenig	Amserlenni 1-100 kyr.	~£120 y sampl pâr gyfer paratoi a dadansoddi elfennaidd; ~£1,580 y sampl ar gyfer dadansoddi radioniwclidau cosmogenig	~1 wythnos ar gyfer sampl; ~2 wythnos ar gyfer dadansoddi elfennaidd (?) ~8 mis ar gyfer dadansoddi radioniwclidau cosmogenig	Mae'r dechneg yn sensitif i'r dirwedd a'r deunydd cysefin. Gellir gweld effaith yr hinsawdd ac organebau ar y cyfraddau hindreulio. Gellir gweld effaith rheoli tir drwy newidiadau i'r cyfraddau hindreulio cemegol.	Mae'n tybio mai dim ond yn y rhyngwyneb pridd-creigwely y bydd pridd yn ffurfio. Mae'n tybio y gellir pennu erydiad ffisegol pridd ar yr arwyneb. Mae'n tybio nad yw'r elfen ansymudol a astudir wedi'i dyddodi'n awyrol/ochrol yn y parth sampl. Mae'n tybio sefydlogrwydd yr elfen ansymudol yn ystod hindreuliad.
¹⁴ C	Yn ddefnyddiol ar gyfer priddoedd claddedig a phaleosolau neu hwmn wedi'i echdynnu	Hyd at 60000 o flynyddoedd	Tua £300. Yn dibynnu ar nifer o samplau (Prifysgol Rhydychen)	Misoedd		
OSL / TL	Yn ddefnyddiol ar gyfer priddoedd claddedig a phaleosolau		£550 y sampl (Stratabugs)	Misoedd	Mae angen i'r gwaddod fod wedi'i gladdu, heb fod wedi dod i gyswllt ag aer	
²¹⁰ Pb / ¹³⁷ Cs	Yn ddefnyddiol ar gyfer priddoedd casglifol a llifwaddodol		Byddai craidd 10 sampl yn ~£1500	Misoedd		

Mae amrywiaeth o ddulliau wedi'u disgrifio sydd wedi cael eu defnyddio i ddyddio gwaddodion anghyfunol, ac mae rhai ohonynt yn fwy perthnasol i Gymru nag eraill. Efallai mai'r rhai mwyaf atyniadol yw'r dulliau sy'n gallu dyddio haen o fewn proffil pridd, fel ^{14}C neu OSL. Mae'r rhain hefyd yn gymharol rad ac yn cael eu defnyddio'n helaeth. Mae technegau eraill fel y rheini sy'n dyddio prosesau pridddegol yn anodd iawn i'w cyflawni, a'r gost yn uchel, ac mae dewis y mwyn ar gyfer cynnal y dadansoddiad yn allweddol. Mae'r rheini sy'n dyddio ocsidau Fe yn fwy addas i ardaloedd trofannol lle ceir mwy o grisaleiddiwch mewn mwynau ocsid. I ddyddio pridd sydd wedi adeiladu at i fyny yn ddiweddar, fel dyddodion llifwaddod ac erydiad, cydnabyddir technegau ^{137}Cs a ^{210}Pb , ynghyd â'r posibilrwydd y gallant arwain at gyfeiliornad, sydd wedi'i drafod yn helaeth. Fel yn achos creigiau cyfunol, mae dewis y safle yn y tirlun yn hollbwysig.

Dulliau ar gyfer canfod ffurfiant Mawn

Dulliau sy'n edrych ar groniad Mawn

Y prif adnodd a ddefnyddir i bennu cyfraddau ffurfiant mawn yw dyddio radiocarbon gan ddefnyddio ^{14}C . Disgrifir hyn yn adran 4.3.1 (Piotrowska et al. 2011). Er enghraifft, mewn gwaith cynnar a edrychai ar Ddenmarc (Aaby a Tauber, 1975), defnyddiwyd 59 o ddyddiadau C-14 wedi'u graddnodi i amcangyfrif cyfraddau cronni o 0.16 i 0.80 mm/yr dros y 6500 o flynyddoedd diwethaf, ar gyfer 2.5m o fawn. Ar y pryd, roedd C-14 yn cael ei raddnodi yn erbyn cofnodion cylchoedd coed, yn enwedig cylchoedd Pinwydd Gwrychog Americanaidd. Dadansoddir y paill yn aml ar yr un pryd gan ei fod yn rhoi gwybodaeth am y mathau amlycaf o lystyfiant. Drwy waith tebyg ar fawn yng Nghymru y gwyddom, er enghraifft, am gyfnodau datblygu ac erydu mawn, yn enwedig mewn cysylltiad â'r hinsawdd (Chambers, 1982; Ellis a Tallis, 2001).

Y dulliau a ddefnyddir i asesu haenlino yn y proffil pridd

Haenlino yw pen draw prosesau ffurfio ac esblygiad pridd. Ei bresenoldeb (neu ei absenoldeb) sy'n sail i ddosbarthu a mapio mathau o bridd drwy'r byd, ac mae'n ganolog i fodelau ar gyfer datblygiad pridd, fel model Jenny (1941). Cyfraniad pob un o'r ffactorau ffurfiant pridd yw'r ysgogiadau sy'n esbonio'r amrywiaeth yn natblygiad cyfresi pridd o'r un deunydd cysefin. Gan edrych ar gyfraddau datblygu haenlinau ym mhodsolau dwyrain a gorllewin Ewrop, canfu Alexandrovskiy (2007) mai'r dyodiad blynyddol o bosibl yw'r ysgogydd pwysicaf yn natblygiad pridd. Pan na fydd llawer o wlybaniaeth yn y pridd, bydd y prosesau ffurfio'n digwydd yn arafach. Mae gwlybaniaeth pridd yn gweithredu yn y dulliau canlynol fel cyfrwng cludo ar gyfer hindreulio cynhyrchion a chleiau, mae'n achosi erydu ac yn teneuo'r pridd, ac mae'n gallu achosi amodau rhydwytho pan fydd yn hepgor O₂.

Bydd gwahanol drwch yr haenlinau, ynghyd â phrosesau a chyfraddau eu creu, yn pennu stociau cyfalaf naturiol pridd (e.e. ffrwythlondeb, storfa wlybaniaeth), a'i swyddogaethau cynhenid (e.e. draenio). Mae nifer o brosesau ar waith pan fydd haenlino'n digwydd, gan gynnwys echlifiant, mewnlifiad, adeiladu at i fyny, podsoleiddio a gleio. Mae'r rhain yn cyfeirio at gludo deunyddiau (yn ffisegol ac mewn ffurf wedi'i hydoddi) rhwng gwahanol ddyfnderoedd yn y proffil pridd, ychwanegu deunyddiau, a deunydd organig yn enwedig, a chau aer allan.

Haenlino yng nghyd-destun Cymru

Yn Adran 3, enwir y prif fathau o bridd a geir yng Nghymru, sef (i) priddoedd Brown, (ii) podsolau a (iii) gleiau dŵr wyneb. Podsolau a phriddoedd glei yw'r rheini sy'n ffurfio'r priddoedd mwynol-organig sy'n gyffredin yng Nghymru (yng Nghymru, mae podsolau'n ffurfio bron yn gyfan gwbl ar is-haenau litho-sgerbydol, ar dywodfaen ac ar siâl). Mae gleiau fel arfer yn ffurfio ar dil rhewlifol, tra bo priddoedd brown yn ffurfio ar is-haenau litho-sgerbydol a thil rhewlifol. Mae Ffigur 8 yn rhoi enghreifftiau o'r naill a'r llall, gan ddangos sut y gallai'r haenlinau edrych.

Ffigur 8: Delweddau o broffiliau pridd (a) podsol, (ii) glei a (iii) daear frown, yn dangos haenlino



Methodolegau ar gyfer asesu newidiadau a chyfraddau haenlino

Er mwyn asesu ffurfiant pridd a haenlino, mae'n hanfodol gallu dyddio oedran y proffil, neu ddyddio proses briddegol gan ddefnyddio'r dulliau a ddisgrifiwyd eisoes (Adran 4.1 - 4.4). Yn dibynnu ar y deunydd cysefin, mae datblygiad haenlin pridd yn dwyn sawl disgyblaeth sy'n ymwneud â gwyddorau'r pridd a'r ddaear ynghyd, sef cynhyrchu pridd, hindreuliad, ac erydiad a dyddodiad pridd. At hynny, mae nifer o brosesau sy'n tewychu priddoedd neu'n adeiladu priddoedd at i fyny yn cyfrannu at bedogenesis ac yn eu plith mae bioaflonyddu, croniant gwaddod, a chroniad deunydd organig.

Dulliau ar gyfer asesu Pedogenesis – Hindreuliad a datblygiad haenlinau pridd

Mae amryw o indecsau sy'n cael eu defnyddio'n aml i asesu trawsffurfiad deunyddiau cysefin yn briddoedd ac i amlinellu'r prosesau sy'n digwydd yn ystod haenlino, a ble mae rhyngwyneb y solwm a'r haenlin 'C'. Mae'r rhain fel arfer yn cael eu mesur fesul cyfyngau i lawr proffiliau, neu mesurir haenlinau pridd unigol yn y proffil. Fel arfer, maent yn cynnwys y priodweddau a ddisgrifir ym monograffau technegol SSEW (Clayden a Hollis, 1984) ac maent yn cynnwys y canlynol: colli neu ennill cyfanswm yr elfennau a charbonadau, pH, dosraniad maint gronynnau, a Fe, Al a Mn diotionid echdynol, sy'n rhoi syniad o'r hindreuliad mwynol.

Defnyddir indecsau hindreuliad i amcangyfrif hyd a lled hindreuliad cemegol ar sail cyfrifiadau màs cytbwys neu gymhareb rhwng biocemeg y deunydd cysefin sydd heb ei hindreulio a deunydd cysefin y creicaen a'r pridd. Mae'r methodolegau'n cynnwys y canlynol:

Ffactorau Darwagio Cemegol (CDF)

Lluniodd Riebe et al. (2003) feintoliad syml o hyd a lled cynnyrch hindreuliedig (e.e. pridd) mewn perthynas â'i ddeunydd cysefin gan ddefnyddio elfennau gwrthsafol (e.e. Zr) a galwodd hyn yn Ffactor Darwagio Cemegol:

$$CDF = 1 - [Zr_{Rhiant}] / [Zr_{Cynnyrch}]$$

Os bydd cyfradd cynhyrchu pridd ar gael ar gyfer y proffil, yna gellir cyfrifo cyfradd hindreulio'r pridd fel cynnyrch y CDF a phroses gynhyrchu'r pridd (Dixon a von Blanckenburg, 2012).

Hafaliadau màs cytbwys

Datblygwyd hafaliadau màs cytbwys sy'n disgrifio prosesau priddegol gan Brimhall a Dietrich (1987) ac mae nifer wedi'u defnyddio (e.e. White, 2005). Mae hafaliadau màs cytbwys a'r gwaith o gyfrifo cyfraddau cyfartaledd amser hindreulio proffiliau pridd neu haenlinau pridd fel arfer yn cael ei wneud gan ddefnyddio'r hafaliadau canlynol, sy'n cynnwys newidiadau cyfeintiol drwy fabwysiadu'r diffiniad clasurol o straen (ϵ) (Brimhall a Dietrich, 1987).

$$\tau = \frac{C_{m,s}/C_{i,s}}{C_{m,p}/C_{i,p}} - 1$$

Ile mai c yw crynodiad elfen symudol (m) neu ansymudol (i) yn y pridd (s) neu'r deunydd cysefin (p). Cyfanswm y màs a enillir neu a gollir mewn darn cyfan o bridd (i ddyfnder penodol a ddewisir, neu i holl ddyfnder yr hindreuliad) yw integriad yr holl haenau i ddyfnder a ddewisir, neu i'r deunydd cysefin. I gyfrifo newid cyfeintiol, defnyddir y mynegiad canlynol yn aml:

$$\varepsilon = \frac{\rho_p C_{i,p}}{\rho_s C_{i,s}}$$

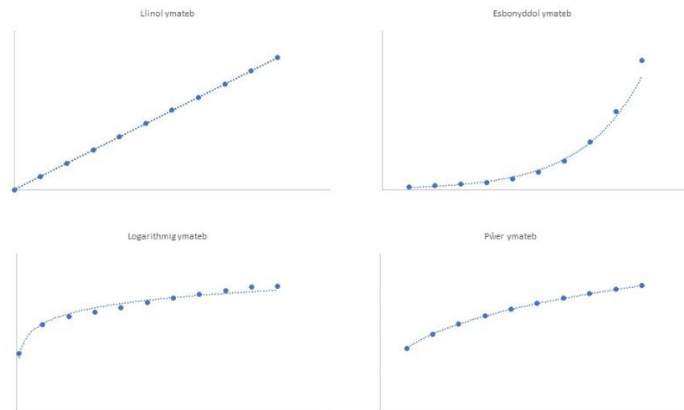
Ile mai ε yw ffracsiwn y newid yng nghyfaint haenlin (neu bridd cyfan os cyfrifir cyfanswm y newid yng nghyfaint pob haenlin dros y pellter dan sylw) a ρ yw dwysedd swmp (g cm^{-3}) y pridd neu'r deunydd cysefin.

Defnyddio 'Dilyniannau Pridd' i asesu ffurfiant a datblygiad haenlinau

Tra bo'r dulliau a ddisgrifiwyd eisoes yn ymwneud â'r prosesau sy'n gysylltiedig â ffurfiant haenlinau pridd, mae angen eu dyddio er mwyn gallu canfod cyfraddau'r prosesau hyn. Yn go aml, canfyddir y gyfradd haenlino gan ddefnyddio dilyniannau pridd wedi'u dyddio. Diffiniodd Jenny (1941, 1980) unrhyw briodwedd pridd dibynnol fel ffwythiant nifer o briodweddau annibynnol neu ffactorau cyflwr. Felly, os yw dilyniant pridd i'w ddosbarthu, gellir amrywio un ffactor cyflwr os yw'r ffactorau eraill sy'n weddill neu'r newidynnau cyflwr yn parhau'n gymharol gyson. Felly, edrychwyd ar lithoddilyniannau (gwahaniaethau ym mwynoleg y deunydd cysefin), climoddilyniannau (dyodiad neu dymheredd), topoddilyniannau (llethr a thirwedd) a bioddilyniannau.

Y dilyniant pridd a ddefnyddir yn fwyaf cyffredin yw cronoddilyniannau, lle caniateir i'r amser amrywio wrth edrych ar ffurfiant a datblygiad pridd. Mae'r gwaith o ddyddio'r gwahanol broffiliau yn y cronoddilyniant gan amlaf yn cael ei wneud gan ddefnyddio ^{14}C neu OSL. Caiff haenau neu baleosolau claddedig, arteffactau archeolegol, siarcol neu ddeunyddiau organig claddedig eu dyddio'n aml. Yn aml, defnyddir cyfres o gromliniau nodweddiadol, sy'n dangos cyfraddau posibl prosesau, i ddisgrifio esblygiad pridd o fewn cronoddilyniannau gyda'r amser yn dibynnu ar briodweddau (Ffigur 9). Pan fydd y ffwythiant yn llinol, bydd yn awgrymu bod system y pridd yn esblygu ar gyfradd gyson dros amser, tra bo modelau logarithmig yn awgrymu bod system y pridd mewn cyflwr sefydlog neu y bydd yn cyrraedd cyflwr sefydlog yn y pen draw, rywbryd yn y dyfodol. Mae cronoffwythiannau sigmoidaidd aflinol yn awgrymu bod system y pridd wedi esblygu dros gyfnodau o bedogenesis cyflym, wedi'u dilyn gan gyfraddau arafach (Schaetzl et al., 1994).

Ffigur 9: Cromliniau nodweddiadol sy'n disgrifio cyfradd ffurfiant pridd. Ffynhonnell: Stockmann et al. 2011



Ymhlith sefyllfaoedd lle mae cronoddilyniannau'n rhoi cyfleoedd y mae enciliadau rhewlifol, cerlannau llifwaddodol, marianbriddoedd a llifoedd folcanig/lafa. Fel arfer, pan ddefnyddir dilyniannau pridd i asesu datblygiad pridd a haenlino, gall y paramedrau a asesir gynnwys yr elfennau cemegol a gollir neu a enillir sy'n awgrym o hindreuliad mwynol, newidiadau mewn clai a phriodweddau pridd mwynegol eraill, cynnydd a lleihad mewn carbon organig mewn pridd, a newid mewn pH. Mae'r priodweddau ffisegol yn cynnwys dosraniad maint gronynnau, newid cyfeintiol, a dwysedd swmp y pridd.

Mae gofynion yn bodoli ar gyfer defnyddio dilyniannau pridd yn llwyddiannus (White, 2005). Mae'r cyntaf yn ymwneud â chyfansoddiad y creigwely neu'r deunydd cysefin. Gellir cyfeiliorni oherwydd heterogenedd lleol y graig. Mae hyn yn fwy tebygol pan fydd y deunyddiau cysefin yn waddodion anghyfunol, fel cerlannau llifwaddodol neu ddyddodion marianbridd. Yn ail, wrth ddefnyddio newidiadau elfennol, mae angen eu hystyried mewn perthynas â chydran anadweithiol ym matrices y pridd fel Zr neu Ti. Fodd bynnag, mewn rhai amgylchiadau, gall y rhain hefyd hindreulio fymryn, gan arwain ar gyfeiliorni posibl. Mae hefyd yn bwysig defnyddio cyfresi pridd sydd wedi bod mewn amodau biohinsoddol tebyg. Felly, bydd defnyddio cronoddilyniannau hir iawn, sy'n cynnwys cyfnodau

hinsawdd rhewlifol, a rhai nad oeddent yn rhewlifol, yn arwain at danamcangyfrifo'r gyfradd newid. Awgrymodd Alexandrovskly (2007) y dylid cyfyngu'r defnydd o ddilyniannau pridd i broffiliau'r Holosen.

CYFRADDAU FFURFIO PRIDD — ADOLYGU'R LLENYDDIAETH FYD-EANG

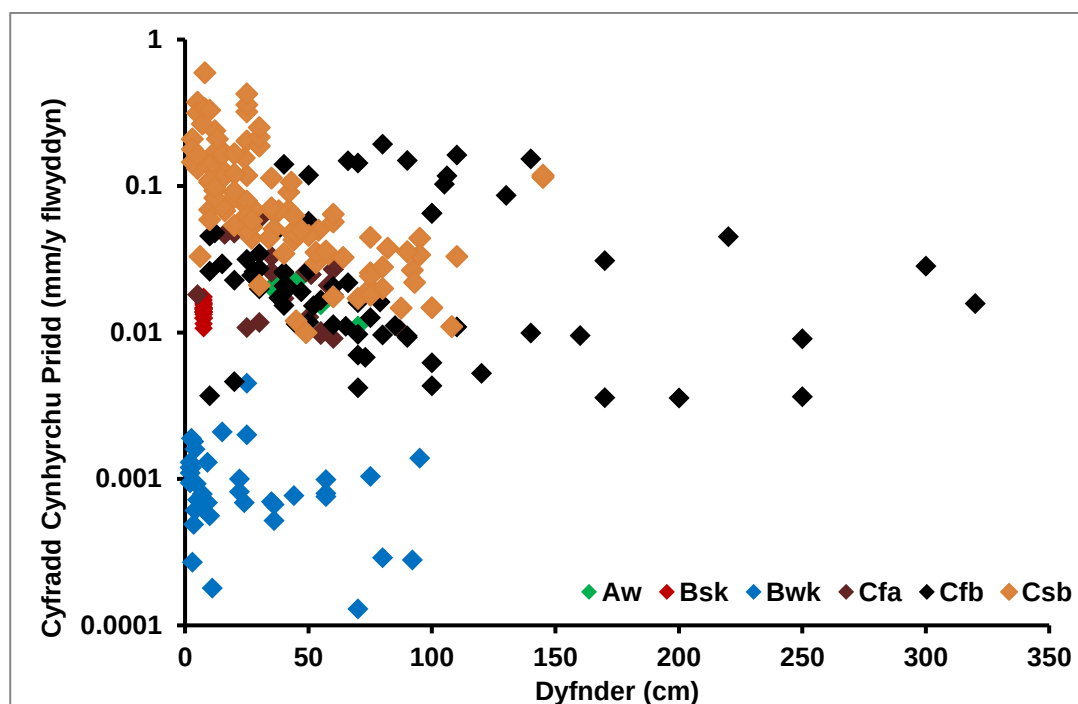
Creigiau cyfunol

Mae nifer o adolygiadau wedi'u cyhoeddi sy'n cyflwyno stocrestrau o gyfraddau ffurfiant pridd o greigiau cyfunol (Portenga a Bierman, 2011; Stockmann *et al.*, 2014), er bod rhai o'r rhain yn cynnwys cyfraddau hindreulio creigwelyau mewn dalgylchoedd lle ceir tir creigiog moel (h.y., lle nad oes mantell bridd). Dangoswyd nad yw cyfraddau hindreulio creigwelyau moel yn gynrychioladol o gyfraddau hindreulio creigiau o dan bridd. Felly, at ddibenion yr adolygiad hwn o ffurfiant pridd, dim ond cyfraddau hindreulio creigiau cyfunol sydd wedi'u gorchuddio â mantell bridd a gyflwynir. O'r llenyddiaeth gyhoeddedig, casglwyd astudiaethau a edrychai ar ffurfiant pridd o greigiau cyfunol drwy wneud gwaith dadansoddi radioniwclidau cosmogenig (Heimsath *et al.*, 1997, 1999, 2000, 2001a, 2001b, 2005, 2006, 2012; Small *et al.*, 1999; Wilkinson *et al.*, 2005; Dixon *et al.*, 2009; Owen *et al.*, 2011; Riggins *et al.*, 2011; Evans *et al.*, 2019; Evans *et al.*, yn cael ei adolygu). Mae'r rhain yn cynrychioli'r tri phrif fath o graig, gan gynnwys litholegau igneaidd, creigiau gwaddodol a chreigiau metamorffig, a chwe math o brif hinsoddau Köppen: Safana trofannol (Aw), Oer lletgras (Bsk), Diffeithdir oer (Bwk), Isdrofannol llaith (Cfa), Hinsawdd cefnforol (Cfb) a Haf cynnes Mediteranaidd (Csb). Hinsawdd cefnforol (Cfb) yw'r un mwyaf perthnasol yng nghyd-destun Cymru.

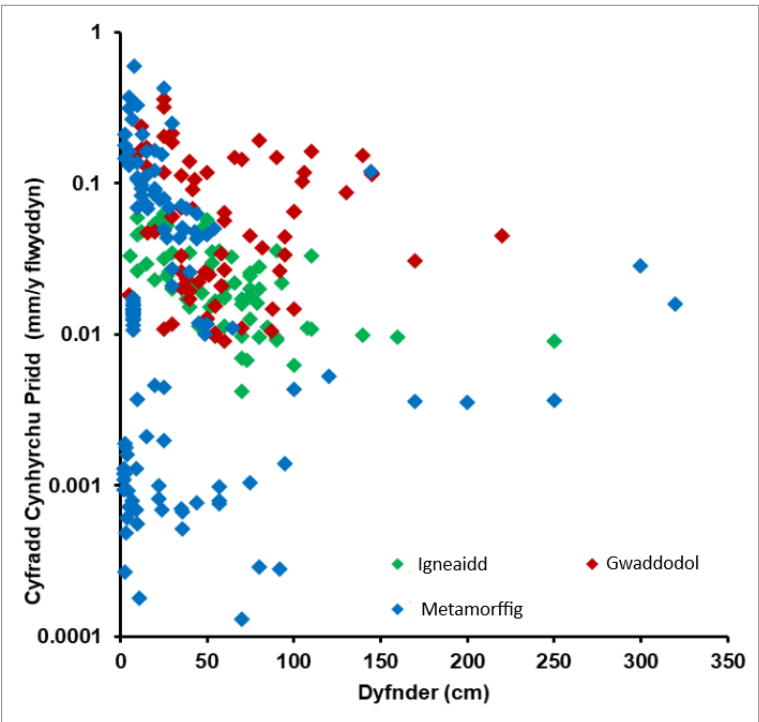
Mae Ffigur 10 yn dangos y berthynas rhwng cyfraddau cynhyrchu pridd sydd wedi deillio o waith cosmogenig a'r dyfnderau i lawr y proffil pridd y cymerwyd y samplau ohonynt. Mae'r cyfraddau cynhyrchu pridd yn rhychwantu pedair trefn maint, yn amrywio o 0.0001 mm y^{-1} i 0.594 mm y^{-1} , gyda chanolrif o 0.026 mm y^{-1} ($n=266$). Mae'r dosraniad eang yn debygol oherwydd yr amrywiaeth yn y mathau o greigiau a phatrymedd hinsawdd a gynrychiolir yn y set ddata. Ac ystyried y trosolwg o hyd a lled y deunydd cysefin yng Nghymru, mae'n debygol mai'r data ar gyfer hinsoddau Cfb (yn y ffigur ar

y top) a chreigiau gwaddodol (Ffigur 11) yw'r rhai mwyaf perthnasol yn yr adroddiad hwn. Mae Tabl 12 yn cyflwyno dadansoddiad mwy penodol ar gyfer gwahanol fathau o greigiau a phatrymedd hinsawdd, a gallai'r rhain fod yn fwy defnyddiol wrth ragfynegi neu amcangyfrif cyfraddau cynhyrchu pridd.

Ffigur 10: Stocrestr fyd-eang o gyfraddau cynhyrchu pridd sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer chwe math o brif hinsoddau Köppen (top) a litholegau (isod). Aw=Safana trofannol; Bsk=Oer lletgras; Bwk=Diffeithdir oer; Cfa=Isdrofannol llaith; Cfb=Hinsawdd cefnforol; Csb=Haf cynnes Mediteranaidd.



Ffigur 11: Cyfraddau ffurfio pridd byd-eang sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer y tri phrif litholeg



Tabl 11: Crynodeb o’r ystadegau ar gyfer cyfraddau cynhyrchu pridd byd-eang sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer chwe math o brif hinsoddau Köppen. Y rhes sydd wedi’i chysgodi, sef hinsawdd Cfb, yw’r un sy’n fwyaf perthnasol i hinsawdd Cymru (Hinsawdd Cefnforol)

	N	Cyfraddau cynhyrchu pridd (mm yr ⁻¹)				Trwch y pridd (cm)			
		Canolrif	Cymedr	Isafswm	Uchafswm	Canolrif	Cymedr	Isafswm	Uchafswm
Aw	7	0.019	0.018	0.011	0.023	45	47.571	35	70
Bsk	20	0.014	0.014	0.011	0.018	7.5	7.500	7.5	7.5
Bwk	37	0.001	0.001	0.000	0.005	11	25.959	2	95
Cfa	27	0.026	0.027	0.009	0.060	40	41.296	5	87
Cfb	72	0.020	0.039	0.004	0.193	66	81.944	10	320
Csb	103	0.069	0.106	0.010	0.594	30	40.597	3	145

Aw=Safana trofannol; Bsk=Oer lletgras; Bwk=Diffeithdir oer; Cfa=Isdrofannol llaith; Cfb=Hinsawdd cefnforol; Csb=Haf cynnes Mediteranaidd.

Yn Nhabl 12, mae trwch y pridd fan hyn yn cyfeirio at y dyfnnderoedd i lawr y proffil pridd yr echdynnwyd y samplau ohonynt i wneud gwaith dadansoddi radioniwclidau cosmogenig. Ym mhob achos, bron, mae hyn yn dynodi’r rhyngwyneb rhwng y creigwely a’r pridd.

Tabl 12: Crynodeb o'r ystadegau ar gyfer cyfraddau cynhyrchu pridd byd-eang sydd wedi deillio o waith cosmogenig ar gyfer y tri phrif litholeg.

		Cyfraddau ffurfiant pridd (mm yr ⁻¹)				Trwch y pridd (cm)			
	N	Canolrif	Cymedr	Isafswm	Uchafswm	Canolrif	Cymedr	Isafswm	Uchafswm
Ign.	68	0.021	0.026	0.004	0.063	56	59.941	6	250
Gwadd.	79	0.047	0.077	0.009	0.359	50	59.753	5	220
Met.	119	0.015	0.060	0.000	0.594	15	32.298	2	320

Ign=Igneaidd; Gwadd=Gwaddodol; Met=Metamorffig.

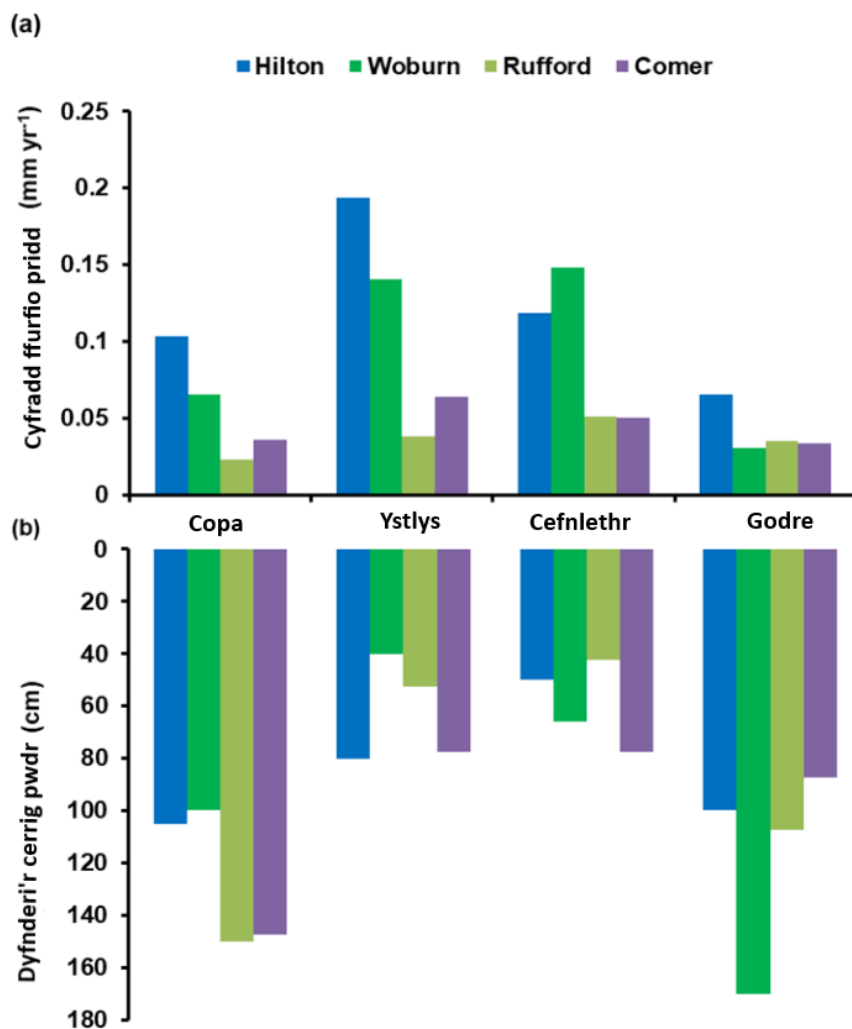
Mae Ffigur 11 yn dangos y cysylltiad clasurol rhwng cynhyrchu pridd a thrwch y pridd. Wrth i drwch y pridd gynyddu, mae tuedd i gyfraddau cynhyrchu'r pridd leihau. Fodd bynnag, mae dadl o hyd ynghylch natur benodol y berthynas hon pan fydd priddoedd yn fas, a dadl hefyd ynghylch a yw'r berthynas yn esbonyddol ynteu'n grom. Mae'r data sydd yma yn cyflwyno tystiolaeth ar gyfer y naill fecanwaith a'r llall, sy'n awgrymu y gall sensitifrwydd ffurfiant pridd i drwch y pridd fod yn wahanol mewn gwahanol safleoedd. O ganlyniad, mae'n bwysig cyfrifo cyfraddau ffurfiant pridd ar gyfer trwch pridd sy'n sero gan ddefnyddio'r ffwythiant cynhyrchu pridd. Amlinellir y weithdrefn hon yn fanylach yn Evans *et al.* (2019; yn cael ei adolygu).

Effeithiau topograffi a llethr

Dangosir ymhellach y berthynas rhwng trwch y pridd a chyfraddau cynhyrchu pridd wrth asesu sut y mae cyfraddau cynhyrchu'n amrywio yn dibynnu ar safle'r llethr. Mae gwaith diweddar gan Evans *et al.* (2019, yn cael ei adolygu) wedi astudio'r cysylltiad rhwng cyfraddau ffurfio pridd ar greigiau cyfunol a safle'r llethr. Mae Ffigur 12 yn crynhoi'r gwaith hwn drwy ddangos cyfraddau ffurfio pridd ar gopa, ystlys, cefnlethr a godre llethr mewn pedwar safle yn y DU, a hynny ar dywodfeini gwaddodol. Er bod gwahaniaethau amlwg yn y cyfraddau rhwng y safleoedd, gwelir bod rhai tueddiadau cyffredinol o ran safle'r llethr. Yn unol â damcaniaeth geomorffolegol, mae'r proffiliau pridd yn ddyfnach yn y copa (oherwydd absenoldeb cymharol prosesau erydu ar y llwyfandiroedd gwastatach hyn) ac ar odre'r

llethr (oherwydd dyddodiad pridd sydd wedi erydu o'r llethrau gorifyny). Yn y safleoedd llethr hyn, mae tuedd i gyfraddau ffurfio pridd fod yn arafach na'r cyfraddau a welir gan amlaf mewn mannau mwy erydol (a chan hynny, mannau basach) fel yr ystlys a'r cefnlethr.

Ffigur 12: Cyfraddau cynhyrchu pridd a'r safle ar lethrau mewn pedwar lleoliad yn Lloegr, gyda thywodfaen yn greigwely ac yn ddeunydd cysefin y pridd (Evans 2020).



4.6.2 Creigiau anghyfunol – adolygu'r llenyddiaeth fyd-eang

Gellir cael amcan 'trefn un' o gyfradd ffurfio pridd mewn deunyddiau cysefin anghyfunol drwy asesu dyfnder datblygiad y solwm (haenlinau O, A a B) pan fydd gennym amcangyfrif o'i oedran. Gallwn ddefnyddio cronfeydd data pridd cenedlaethol i ddarparu'r wybodaeth hon a'r amcangyfrif o pryd y datblygodd y pridd (e.e. yr Holosen os oedd y rhan fwyaf o'r ardal yn rhewlif). Ceir hefyd ystod o dechnegau i amcangyfrif cyfradd ffurfio priddoedd casglifol a llifwaddodol.

Asesu cronfeydd data o drwch y solwm yng Nghymru

Mae Tabl 13 yn rhoi asesiad o ddyfnderoedd y solwm (haenlinau O-B) ochr yn ochr â'r deunyddiau cysefin. Seiliwyd hyn ar set ddata NATMAP ar gyfer y prif gydgyunedau priddoedd a'r cydgymunedau priddoedd cyffredin yng Nghymru, ynghyd â'r cyfresi pridd yn y cydgymunedau hyn a'u deunydd cysefin. Gwneir tybiaeth fan hyn y bydd oedran y rhan fwyaf o'r priddoedd yn debyg, oherwydd y rhewlifant Devensaidd, gan adlewyrchu'r amser a gymerodd i'r iâ encilio. Ceir y dyfnderoedd basach lle disgrifir y rhanbarth Cr a lle ceir craig galed yn ddeunydd cysefin. Mae'r tabl yn dangos y berthynas gyffredinol lle mae priddoedd a ffurfiodd o greigiau cyfunol, sydd fel arfer yn galed eu natur, yn fasach na'r priddoedd hynny a ddatblygodd mewn dyddodion anghyfunol. Felly, mae priddoedd bas yn fwy bregus os ydynt wedi mynd drwy brosesau teneuo.

Tabl 13: Dyfnderoedd y solwm ar gyfer y prif gyfresi pridd a'u Cydgymunedau yng Nghymru (ar ôl Rudeforth et al. 1984)

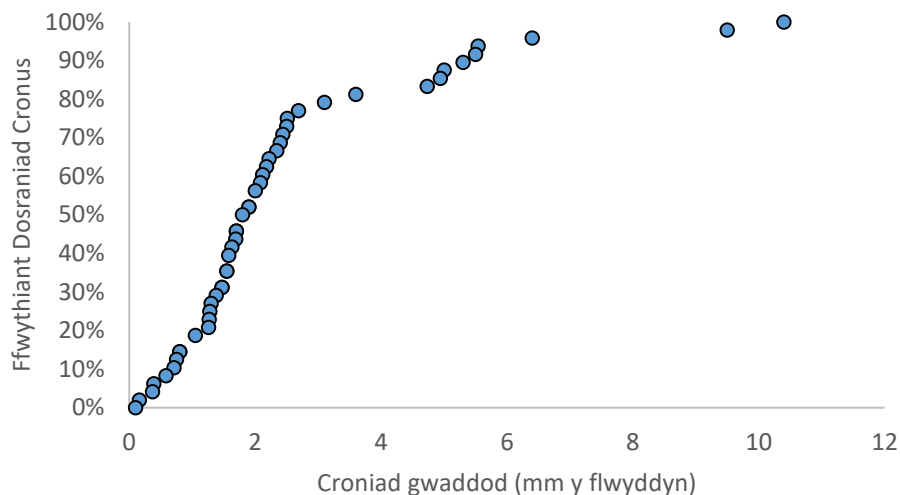
Cydgymuned Pridd	Cyfres Pridd	Deunydd Cysefin	Dyfnder haenlin 'C' neu BC
Denbigh 1 (541j)	Denbigh	Carreg silt a charreg laid lechog Balaeosöig	BCu – 100cm
	Barton	Carreg silt	Cr – 70 cm
Manod (611c)	Manod	Carreg silt a charreg laid lechog Balaeosöig	R or Cu 60cm
	Denbigh	Carreg silt a charreg laid lechog Balaeosöig	BCu 60-100cm
Hafren (654a)	Hafren	Siâl siltiog	Cr 60cm
	Wilcocks	Drifft caregog lomog	Bcg 50-100cm
Cegin (713d)	Greyland a Brickfield	Carreg silt a charreg laid lechog Balaeosöig	BCg 50 -100cm
	Sannan	Carreg silt a charreg laid lechog Balaeosöig	C >100cm
	Denbigh	Carreg silt a charreg laid lechog Balaeosöig	BCu – 100cm
Wilcocks 1 (721c)	Kielder	Drifft o siâl, carreg laid, a thywodfaen Palaeosöig	>100 cm
	Fordham	Drifft o siâl, carreg laid, a thywodfaen Palaeosöig	Cg 50-100cm
Wilcocks 2 (721c)	Crowdy	Drifft o siâl, carreg laid, a thywodfaen Palaeosöig	Mawn >100cm
	Winter Hill	Drifft o siâl, carreg laid, a thywodfaen Palaeosöig	Mawn >100cm
	Hafren	Drifft o siâl, carreg laid, a thywodfaen Palaeosöig	Cr 60cm
Revidge (311a)	Revidge	Mawn deilbriddedig ar dywodfaen caled	0-20 cm
	Crowdy	Tywodfaen a charreg grut Balaeosöig	Mawn >100cm
	Winter Hill	Tywodfaen a charreg grut Balaeosöig	Mawn > 100cm

Priddoedd llifwaddodol

Mae priddoedd llifwaddodol yn enghraifft o briddoedd sy'n cael eu hadeiladu at i fyny drwy ychwanegu deunydd newydd. Ar sail trefn un, gellir disgrifio cyfradd adeiladu at i fyny priddoedd llifwaddodol yn ystod yr Holosen fel y dyfnder lle ceir gwahaniaeth mewn lliw, rhwng graean a thywod deunydd organig isel o gyfnodau cyn yr Holosen, pan oedd y cynhyrchiant cynradd net yn isel, a phriddoedd deunydd organig uwch a adeiladodd at i fyny yn ystod cyfnodau pan oedd cynhyrchiant cynradd net yr Holosen yn uwch. Yn y 40 mlynedd ddiwethaf, mae'r defnydd o ^{137}Cs wedi golygu bod modd amcangyfrif cronïad priddoedd mewn mannau penodol ar orlifdiroedd, a hynny'n aml mewn trawsluniau ar draws gorlifdiroedd yng Nghymru a Lloegr. Mae'r rhain yn rhoi amcan o ddyddodiad gwaddod wrth edrych ar ei bellter o'r afon. Mae Ffigur 13 yn dangos ystod y cyfraddau gwaddodi a fesurwyd ar orlifdiroedd yng Nghymru a Lloegr drwy ddefnyddio ailddosraniadau ^{137}Cs (Walling et al. 1999; Owens et al 1999; Du a Walling, 2012; Owens a Walling, 2002). Cyflwynir gwerth canolrif o 1.8 mm yr^{-1} ar gyfer y cronïad.

Mae priddoedd llifwaddodol yng Nghymru yn cynnwys rhai cydgymuned Conway (1.42% o arwynebedd Cymru) ac ardaloedd llai lle ceir cydgymunedau Enbone, Hollington, Compton a Fladbury 1 a 3. Mae dyfnder y rhain fel arfer yn ~1m ac maent yn cynnwys clai a silt mân.

Ffigur 13: Ffwythiant Dosraniad Cronus amcangyfrifon o groniad pridd llifwaddodol ar orlfdiroedd, wedi'u mesur drwy ailddosraniad ^{137}Cs a ^{210}Pb yng Nghymru a Lloegr



Priddoedd casglifol

Priddoedd sy'n ffurfio fel arfer ar waelod llethrau yw priddoedd casglifol, ac maent yn tewychu wrth i bridd erydu. Felly, dyma'r prif ddyddodiad sydd wedi ffurfio o erydiad a dyddodiad pridd ers y trawsnewidiad Mesolithig-Neolithig. Bydd dyddodion yn aml yn gorchuddio dyddodion eraill sydd wedi mewnlenni dyffrynnoedd. Er eu bod yn rhan o geomorffoleg glasurol llethrau, ychydig yn unig o enghreifftiau o'u dyfnder a'u cyfradd ddyddodi sy'n hysbys. Mae'n debygol bod tewychu proffiliau pridd a'u rôl wrth wahaniaethu rhwng datblygiad pridd yn dibynnu ar wead y pridd ac ar raddio'r gronynnau wrth iddynt symud i lawr y llethr, ynghyd ag ar ba mor serth yw'r llethr, hyd y llethr, ac amllder digwyddiadau erydol. Priddoedd daear frown (e.e. cydgymuned Denbigh) a phriddoedd podsolig brown (cydgymunedau Manod) yng Nghymru sy'n wynebu'r risg uchaf gan eu bod yn cael eu defnyddio wrth drin y tir ac yn aml i'w cael ar lethrau. Mae Tabl 14 yn dangos cyfraddau erydiad dŵr wrth edrych ar draws luniau â'r yng Nghymru a Lloegr, gyda data gan Evans (2002) a gafodd eu hailgrynhoi yn adroddiad DEFRA SP1303 (2011). Mae'r tabl yn dangos cymedr y gyfradd erydu a

chymedr y gyfradd a drawsffurfiwyd drwy $\log_e$, sy'n ystyried y sgiwedd positif a geir yn aml mewn setiau data am erydu.

Tabl 14: Adolygiad o gyfraddau erydu pridd yn sgil dŵr mewn amaethyddiaeth â'r yng Nghymru a Lloegr, ar sail gwead y pridd.

Dosbarth gwead (ar safleoedd)	Cymedr y gyfradd erydu ($M^3 ha^{-1}$)	Wedi'i drosi i mm yr^{-1} (gan dybio dwysedd swmp o $1g cm^3$)	Y cyfartaledd a drawsffurfiwyd drwy $\log_e$	Wedi'i drosi i mm yr^{-1} (gan dybio dwysedd swmp o $1g$ cm^3)
Bras (704)	2.9	0.29	-0.16	0.05
Canolig (150)	2.9	0.29		
Canolig-mân (633)	2.2	0.22	-0.37	0.07
Mân (189)	1.4	0.14	-0.68	0.04
Mân iawn (1)	0.5	0.05		
Pob pridd			-0.31	0.02

Mae glaswelltir yn gorchuddio llawer o Gymru (65%), a hynny ar briddoedd clai lomaidd/clai trymach. Er bod llystyfiant ar laswelltir, mae erydu yn digwydd, a gall fod cysylltiad rhwng hynny â sefydlu gwndynnydd newydd, neu gall traffig anifeiliaid a chyfraddau stocio achosi mwy o erydu. Mae amcangyfrifon o erydiad drwy asesiadau confensiynol o erydiad pridd yng Nghymru a Lloegr (nid ^{137}Cs) gan Evans et al. (2017) yn argymhell y gall yr erydiad ar laswelltir fod tua $0.02-0.03 mm yr^{-1}$ (gan dybio bod $BD=1$).

Priddoedd mwynol-organig

Mae Avery (1980) yn rhoi diffiniad cyffredinol o briddoedd mwynol-organig, sef priddoedd sydd â haenlin ar yr arwyneb (uwchbridd yw'r enw arall arno) sy'n gymharol gyfuriog o ddeunydd organig, ond â llai na 40 cm o haen fawnog ar yr arwyneb. Maent yn cynnwys priddoedd rancer a rendsina yn y prif grŵp pridd lithomorffig, a rhai o'r priddoedd yn y prif grwpiau pridd podsolig a glei dŵr wyneb. Mae'r rhain wedi'u diffinio ymhellach yn dri math: (1) Uwchbridd hwmos sydd â thrwch o fwy na 15 cm; (2) Lôm mawnog neu uwchbridd tywod mawnog sydd â thrwch o fwy na 15 cm; neu (3) Mawn sydd â thrwch o lai na 40 cm yn dechrau ar yr arwyneb neu ger yr arwyneb, neu â thrwch o lai na 30 cm lle bydd y mawn yn gorwedd yn uniongyrchol ar greigwely. Yng Nghymru, priddoedd podsolig (32%) a glei dŵr wyneb (24%) yw'r prif grwpiau pridd amlycaf a gall y naill a'r llall ffurfio priddoedd mwynol-

organig (Tabl 2). Mae priddoedd mwynol-organig yn enghraifft o briddoedd sy'n adeiladu at i fyny drwy gronni carbon organig. Maent yn hynod o bwysig fel storfa fas ar gyfer carbon pridd (C), ac yng Nghymru maent yn cynnwys 25.5% o'r 159 Tg o uwchbridd C (Bol et al, 2011).

Er bod y rhan fwyaf o waith polisi yn canolbwyntio ar osgoi colli carbon o fawn, dylid cofio bod podsol mawnog neu bridd glei mawnog yng Nghymru hefyd yn cynnwys symiau sylweddol o ddeunydd uwchbridd organig. Awgrymodd Bradley et al. (2005) bod gan briddoedd organig Cymru, hyd at ddyfnder o 1m, stoc carbon o 67 Tg, tra bo gan briddoedd mwynol-organig stoc o 59 Tg. Roedd mesuriadau a wnaed o 20 cm uchaf mawn yn yr uwchbridd ym Mhumlumon yn cynnwys lefelau SOC o tua 0.04 g cm^{-3} , tra roedd glei mawnog heb ei wella yn cynnwys tua 0.12 g cm^{-3} (3 gwaith yn fwy). Gan dybio nad oes newid yn nwysedd y swmp wrth i'w ddyfnder gynyddu yn y mawn, mae hyn yn golygu bod yr 20 cm uchaf yn y glei mawnog yn cynnwys yr un faint o garbon ag a geir mewn 60 cm o fawn (Smith et al. 2007). Yn amlwg, mae mawn yn cynnwys mwy o stoc yn gyffredinol, gan ei fod yn llawer dyfnach, fel y dangoswyd gan Bradley (2005). Fodd bynnag, efallai fod y màs mwy o SOC yn uwchbridd priddoedd mwynol-organig, a'u capasiti dal dŵr is yn gyffredinol, yn eu gwneud yn fwy bregus na mawn i golli SOC drwy sychder neu gamau rheoli. Mae dwysedd swmp uchel a lefelau SOC sy'n arwain at stociau carbon mawr yn yr uwchbridd i'w gweld mewn priddoedd mwynol-organig (Sowerby et al., 2008; Reynolds et al., 2013). Mae ymchwil bydeang yn dangos bod podsolau yn ail yn unig i fawn yn eu gallu i storio carbon (Cagnarini et al. 2019), oherwydd eu capasiti i gloi carbon yn yr isbridd fel rhan o'r broses bodsoleiddio. Yn yr adran hon rydym yn canolbwyntio ar briddoedd podsolig, a rhoddir sylw i briddoedd glei yn yr adran ar briddoedd mwynol.

Y prif gydgymunedau priddoedd: Bydd podsolau'n ffurfio pan fydd llystyfiant yn pydru a hynny'n arwain at hindreuliad cemegol dwys gan asidau hwmig, ac felly mae cysylltiad agos iawn rhwng eu ffurfiant a'r newid ynddynt ar y naill law, a'u cynefin ar y llall. Mae dwy brif gydgymuned pridd yn gyfrifol am y rhan fwyaf o'r priddoedd podsolig yng Nghymru (Rudeforth et al., 1984). Y rhain yw

cydgymunedau Manod (Podsolig Brown, 18%) a Hafren (Stagnopodsolau Fferrig, 6%). Ar sail y dadansoddiad lefel uchel yn Nhabl 3, mae'r holl bodsolau yn ffurfio dros siâl, tywodfeini, llechi neu gerrig llaid litho-sgerbydol. At hynny, mae tuedd i'r priddoedd fod yn denau, heb i'w dyfnder fod yn fwy na 80cm.

Ffuriant hanesyddol: Fel priddoedd eraill Cymru, mae podsolau yn gymharol ifanc, gan eu bod wedi ffurfio yn y 10,000 o flynyddoedd diwethaf yn dilyn enciliad yr iâ ar ôl y rhewlifant diwethaf. Gall fod cysylltiad rhwng ffuriant podsolau â'r hanes hirdymor o ddefnyddio tir, sy'n rhoi tystiolaeth ar gyfer y gyfradd ffuriant (Robinson et al. 1936. Adams and Raza, 1978; Robinson et al. 2016). Ystyriwyd yn wreiddiol bod priddoedd y gogledd yn anaeddfed (Robinson 1930), ond newidiodd y safbwynt hwn yn ddiweddarach wrth bennu mai echlifant ac erydiad oedd y prosesau amlycaf a arweiniodd at bresenoldeb podsolau yn y cyfnod modern. Cynigiodd fod cylchoedd o dwf coedwigoedd, wedi'u dilyn gan achosion o ddatgoedwigo 'catastroffig' e.e. yn y cyfnod Neolithig (yn dechrau ~6000 o flynyddoedd cyn y presennol), y cyfnod Rhufeinig, a'r canol oesoedd, wedi arwain at ffurfio podsolau uwchdor; achoswyd podsoleiddio ysgafn gan goedwigaeth gan y brodorion hyd at ~1700 o droedfeddi, gyda'r gwaith clirio yn mudo priddoedd tuag at ffurfio priddoedd brown. Dilynwyd hynny gan waredu'r cationau sylfaen a chefnu ar yr ardaloedd hyn, gan arwain at bodsoleiddio gan rosydd a glaswelltir asid. Aeth ati i fireinio ei safbwynt ymhellach, drwy ddatgan bod erydiad normal yn ddigon i gyfrif am y priddoedd uwchdor, a hynny mewn papur yn Nature (1936). Gwrthododd Crompton (1960) y ddamcaniaeth bod cylchoedd o erydu wedi achosi uwchdorri, a chynigiodd bod ffuriant podsolau a chyfoethogi'r sescwiocsidau wedi digwydd yn sgil dadsiliceiddio sydyn. Pan edrychodd Adams a Raza (1978) ar y mater eto, roedd eu safbwynt yn ymwneud yn fwy cyfannol â'r tirlun, a dadleuwyd bod ffuriant yn ffwythiant llethr, erydiad ymgripiol, a dilyniannau cracio/lithro sy'n gysylltiedig â hydroleg pridd y system. Aethant ati hefyd i ddiystyru'r syniad mai datgoedwigo 'catastroffig' ac achosion o erydu a ffurfiodd y priddoedd. O ganlyniad, y brif farn ynghylch ffuriant yw ei bod yn broses yn y tirlun sy'n dibynnu ar lethr, cynefin, a'r hydroleg a'r symud ochrol. Mae'n bwysig nodi bod priddoedd cyfres Hafren yn aml i'w canfod

gyda mawn cyfres Crowdy. Yn amlwg, mae uchder, tymheredd, y glawiad a'r llethr (draeniad) yn rhan bwysig o ffurfiant y priddoedd cysylltiedig hyn (Rudeforth et al. 1984).

Astudiaethau diweddar ac effeithiau amgylcheddol: Mae dau safle astudio modern yn bwrw rhagor o oleuni ar ffurfiant pridd yng Nghymru, sef arsyllfa Pumlumon (50 mlynedd) yn y canolbarth (Hafren ar siâl) a safle astudio trin newid hinsawdd Clocaenog (Hafren ar siâl) yn y gogledd (20 mlynedd). Mae amrywiaeth o waith monitro ac arbrofion yn cael eu cynnal yn y safleoedd hyn. Y mwyaf perthnasol oedd cynnwys Pumlumon yn arsyllfeydd rhyngwladol y parthau tyngedfennol ac yn astudiaeth Dere (2014) o gyfraddau ffurfio pridd.

Yn safle Clocaenog, astudiwyd effeithiau hirdymor y newid yn yr hinsawdd, cynhesu a sychder fel rhan o grŵp rhyngwladol sy'n astudio sefydlogrwydd a chylchu carbon yn yr ecosystem, gan ymateb i'r newid yn yr hinsawdd (Beier et al. 2004). Mae cysylltiad agos rhwng ffurfiant podsolau ar y naill law, a llystyfiant a hinsawdd ar y llall, ac mae chynhyrchedd planhigion yn ysgogydd o bwys i'r broses lufadredd drwy ddatblygiad asidau hwmig. Mae gwerthoedd cynhyrchedd planhigion ar gyfer llwyni fel arfer tua $0.382 \text{ kg C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ (SD=199) (Tipping et al. 2019). Mae cynhyrchedd planhigion yn y safle yn rhoi awgrym o amrywioldeb rhyngflynyddol ond canfuwyd bod gan fiomas uwch y ddaear y gallu cymharol i wrthsefyll triniaethau cynhesu a sychder (Dominguez et al. 2015). Mewn triniaethau cynhesu, cynyddodd cynhyrchedd gwreiddiau, a gall hynny fod yn gyfrifol am y cynnydd mewn resbiradaeth o'i gymharu â'r rheolydd. Ni welwyd hyn yn achos sychder, sy'n awgrymu bod potensial i golli carbon o'r pridd. Canfu'r gwaith hwn gysylltiad posibl pwysig ag adeiledd pridd gyda'r isarwyneb yn cracio mewn ymateb i sychder, a brig mawnog pridd cyfres Hafren yn eithriadol o fregus yn wyneb newidiadau mewn dulliau rheoli ac i'r hinsawdd. Nid oes dyfnder i'r mawn yn y brig mawnog (>40 cm) ac mae'n sychu ym misoedd yr haf, yn wahanol i fawn sy'n wlyb yn barhaus ac sy'n gallu gwrthsefyll sychder yn well. Mewn astudiaeth gydamserol, Robinson (2016) oedd y cyntaf i ddangos symudiad at gyflwr gwlybanaeth pridd gwahanol a gaiff ei greu gan sychder. Mae'r mecanwaith a gynigiwyd yn awgrymu bod sychder yn cracio isarwyneb y pridd, gan alluogi'r lefel

trwythiad dŵr clo yn yr uwchbridd mawnog i ddraenio. Mae cysylltiad rhwng y lleihad hwn mewn gwlybanaeth a cholli carbon o haenlin fawnog yr arwyneb, o'i gymharu â'r rheolydd (Dominguez et al. 2015).

Cafodd y canfyddiad arbrofol hwn, sef nad yw'r pridd yn ailwlychu yn y gaeaf, ei ganfod hefyd drwy waith monitro gwlybanaeth pridd ym Mhumlumon, a edrychai ar briddoedd podsolig cyfres Hafren a mawn yn dilyn sychder 1976 (Hudson, 1988). Symudai'r gwlybanaeth yn y podsol, ond nid yn y pridd mawn gwlypaf a adferodd y gaeaf canlynol. Cymerodd 3-4 blynedd i'r priddoedd podsolig ddechrau adfer, ond roedd y lefelau gwlybanaeth yn dal yn is 7 mlynedd ar ôl y digwyddiad sychder. Cymysg oedd canlyniadau'r priddoedd mawn, gyda glaswelltiroedd yn adfer yn gynt na choetiroedd, ond mewn un safle, ni wnaeth y mawn adfer o gwbl. Lluniodd Robinson et al. (2016) ragdybiaeth y gallai draenio ac ailwlychu rheolaidd fod yn rhan o gylch ffurfiant pridd, fel y cynigiwyd gan Adams a Raza (1976), gyda chracio cyson i'w weld mewn safleoedd fel Pumlumon (Hudson, 1988; Bell, 2005) ar y priddoedd oedd wedi ffurfio ar yr is-haen siâl. Mae arsylwadau monitro Hudson (1988) hefyd yn awgrymu bod defnydd tir yn chwarae rhan bwysig yn y cylch, gyda'r adferiad ar ei gyflymaf yn y dilyniant gweiriau, rhosydd, coed. Mae hyn yn gwneud synnwyr, gan y bydd llystyfiant mwy o faint, fel coed, yn dihyssbyddu'r pridd o ddŵr yn gyflymach na gweiriau neu rosydd. Ac ystyried y diddordeb mewn plannu mwy o goed mewn ardaloedd mawr o Gymru, dylid rhoi ystyriaeth ddigonol i'r cyfnewidiad rhwng storio carbon mewn coed a'r potensial o'i golli o briddoedd (ADASb, 2020).

Mawn, priddoedd mwynol-organig ac uwchbriddoedd mawnog

Yn Arolwg Pridd Cymru a Lloegr (Avery, 1990), caiff gwernydd eu categoreiddio o dan dri prif fath, sef cyforgorsydd, ffeniau, a gorgorsydd. Yn yr adran hon, ystyrir cyfraddau cronni priddoedd sydd â brig mawnog fel cyfres Hafren, gan eu bod yn debygol o fod yn debyg i gyfraddau cronni cyfres fawn gysylltiedig Crowdy. Yng Nghymru, gorgorsydd sydd amlycaf (cydgymunedau Crowdy), gyda rhywfaint o fawn ffen (cydgymuned Adventurers) a nifer o safleoedd cyforgorsydd bychan, ond sy'n

bwysig yn genedlaethol. Mae'r hinsawdd yn hynod o ddylanwadol, ac mae'r rhan fwyaf (er nad y cyfan) o orgorsydd i'w cael ar uchder uchel (gyda'r glawriad uchel a'r tymereddau is yn creu cyfnod hir o wlypter). Mae Jones a Thomasson (1985) yn awgrymu bod ardaloedd gorgorsydd yn cyd-fynd yn agos â'r isopleth Cynhwysedd Maes 300 diwrnod. Er enghraifft, ceir cydgymuned Crowdy 1 (1013a) fel arfer uwchben 350m lle gall y dyodiad fod yn fwy na 2000m yr⁻¹ (Rudeforth, 1984) tra bo gan fawn gorgorsydd yng nghydgymuned Crowdy 2 hefyd ddyodiad blynyddol tebyg, a gellir eu cael hyd at 600m.

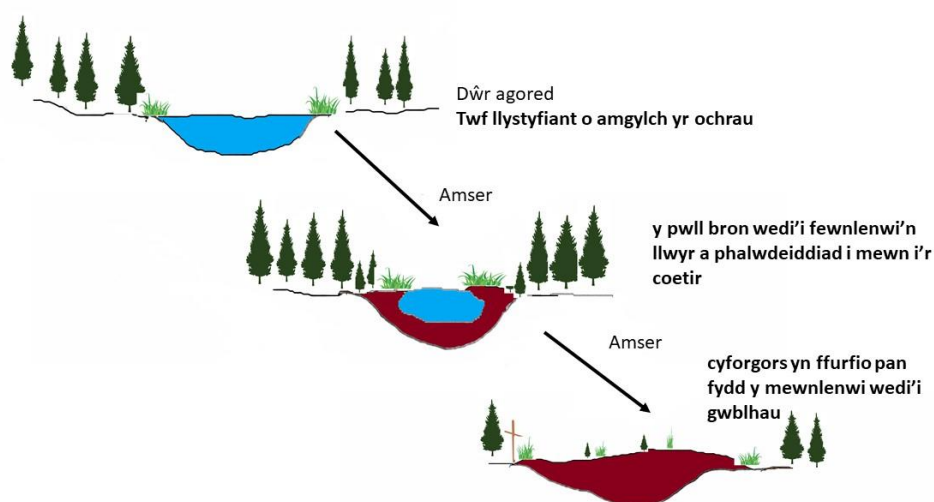
Dywedodd Evans et al (2015) bod bron i 91,000 ha o bridd mawn yng Nghymru, gyda thua 50,000 ohono wedi'i orchuddio ar hyn o bryd gan llystyfiant a allai ffurfio mawn, yn ôl gwaith mapio cynefinoedd Cymru Cam 1 yn 1990 (er na fydd y cyfan ohono'n ffurfio mawn ar hyn o bryd, ac mae llawer o'r ardaloedd wedi'u draenio ac yn cael eu defnyddio i bori). Bu sawl math o bwysau anthropogenig ar y gweddill, gan gynnwys plannu coed conwydd, trosi'n laswelltir, rheoli ar gyfer grugieir, ac ardaloedd bychain o dir â'r fawn. Mae'r gwaith o fapio mawndiroedd wrthi'n cael ei adolygu fel rhan o'r Rhaglen Weithredu Genedlaethol ar Fawndiroedd.

Y ddwy brif broses o ran ffurfiant sy'n arwain at ddatblygiad priddoedd mawn yw daearoli, neu fewnlenwi llynnoedd bas (ffeniau a chyforgorsydd), a phalwdeiddiad (gorgorsydd), lle caiff systemau daearol eu gorchuddio â thwf llystyfiant sy'n ffurfio mawn (Mitsch a Gosselink 2000). Mae mawndiroedd y Deyrnas Unedig yn iau na 10,000 o flynyddoedd oed, gan eu bod wedi ffurfio ers yr oes iâ ddiwethaf (FAO). Gellir gweld gweddillion coed o hyd yn safleoedd mawn Cymru (Chambers, 1982), sy'n awgrymu bod coed yn y safleoedd hyn ar un adeg. Ystyrir bod ffurfiant mawn yn ngorgorsydd y Deyrnas Unedig wedi dechrau 5-6000 o flynyddoedd cyn y presennol (Lindsay et al 2014).

Daearoli yw'r broses glasurol pan geir olyniaeth mewn mawndiroedd, lle bydd gorchudd planhigion sydd naill ai wedi'u gwreiddio'n rhannol yng ngwaddod y llyn neu sy'n arnofio'n rhydd yn datblygu

allan dros orchudd y llyn. Bydd ffeniau'n ffurfio o dan ddylanwad dŵr daear ac maent yn cynnwys rhywogaethau fel corsen a hesgen. Efallai y bydd mawn yn cytrefu'r mat llystyfiant gan ffurfio rhywogaethau migwyn, cyn y bydd planhigion cors arferol yn ei gytrefu'n ddiweddarach. Dros amser, bydd y gweddillion planhigion sydd wedi dadelfennu'n rhannol yn adeiladu ar ffurf mawn, a phan fydd hyn wedi digwydd i'r fath raddau nes bod arwyneb y mawn wedi'i ynysu o'r lefel trwythiad, bydd y maetholion a aiff i mewn yn lleihau'n arw (Ffigur 14). Mae hyn yn arwain at ffurfio cyforgors ombrotroffig, ac ymhlith yr enghreifftiau yng Nghymru mae Cors Caron a Chors Fochno yng Ngheredigion, a Chors Goch ger Trawsfynydd yng Ngwynedd. Ceir saith o safleoedd cyforgorsydd yng Nghymru sydd wedi'u dynodi'n Ardaloedd Cadwraeth Arbennig, ac mae'r rhain yn cynrychioli dros 10% o ardaloedd y cyforgorsydd yn y Deyrnas Unedig (Cyfoeth Naturiol Cymru, 2021).

Ffigur 14: Olyniaeth mewn mawndiroedd. Y broses (daearoli neu olyniaeth sy'n tarddu o ddŵr) lle bydd pwll yn llenwi dros amser ac yn ffurfio mawndir: (a) Twf llystyfiant o amgylch yr ochrau; (b) migwyn yn cytrefu a mawn yn dechrau cronni; (c) map arnofiol yn ffurfio tuag at y canol; (d) y pwll bron wedi'i fewnlenwi'n llwyr a phalwdeiddiad i mewn i'r coetir; (e) cyforgors yn ffurfio pan fydd y mewnlenwi wedi'i gwblhau. Ffynhonnell: Craft, 2015.



Mae palwdeiddiad, sef y broses sy'n fwyaf cyffredin yng Nghymru, yn digwydd pan fydd mawn yn lledaenu dros is-haen anorganig bresennol, heb i'r cam dŵr agored ddigwydd. Gall hyn ddigwydd pan fydd cydbwysedd hydrolegol yr ardal yn bositif, h.y. bydd y glawiad yn fwy na'r anwedd-drydarthiad

a'r dŵr ffo, a gall yr hinsawdd sy'n newid, y ddaearog waelodol, a'r dopograffeg ddylanwadu ar hyn. Barn Jones a Thomasson (1985) oedd bod ardaloedd o orgorsydd yn cyfateb yn agos i'r isopleth cynhwysedd maes 300 diwrnod, sy'n dangos bod anweddiad isel a glawiad uchel sy'n arwain at wlypter ym mhrridd yr ucheldir yn ffafriol i ffurfio mawn. Mae mawn gorgorsydd yn aml yn gorchuddio haen o glai mwynol, gan fod y clai cywasgedig yn gymharol anathraidd o ran colli dŵr. Mae mawn corgorsydd a ffurfir drwy balwdeiddiad yn gyffredinol yn fwy bas na mawn a ffurfir drwy ddaearoli, gyda dyfnderoedd o 0.5 – 3 m i'w cael yn y cyntaf, sy'n nodweddiadol o Gymru, tra bo dyfnderoedd o hyd at 10 m yn bosibl yn yr ail. Mae hyn yn rhannol gan fod prosesau palwdeiddiad yn gyffredinol wedi dechrau'n fwy diweddar (5-6000 o flynyddoedd cyn y presennol yn y Deyrnas Unedig, Lindsay et al. 2014) a gan fod natur y ddaear, a'i llethrau cymedrol, yn cynyddu trwybwn dŵr a maetholion (Lindsay et al 2014). Yn gyffredinol, ni fydd ardaloedd o fawn gorgorsydd yn ffurfio dyddodion dwfn ar onglau llethrau sy'n fwy na 18-20 gradd (Mitsch a Gosselink 2000).

Mae cyfraddau ffurfio mawn yn dibynnu ar gynhyrchedd y llystyfiant sy'n ei orchuddio, ac ar y gyfradd dadelfennu (Thormann et al 1999), sy'n gysylltiedig â'r hinsawdd a draenio (Stivrins et al 2017, Mires and Peat). Er bod cyfraddau cynhyrchedd llystyfiant yn uwch mewn ffeniau nag mewn corsydd, gall y cyfraddau dadelfennu mewn ffeniau hefyd fod yn uwch, sy'n arwain at gyfradd cronni mawn ddamcaniaethol sy'n debyg i gyfradd corsydd, neu'n is na honno, yn dibynnu ar faint o wasarn a ddaw i mewn (Thormann et al 1999). Yng Nghymru, cysylltir mawn ffeniau'r iseldiroedd â chydgyrnedd Adventurers 1 sy'n gorchuddio tua 17 km² ac maent yn arbennig o gyffredin ar Ynys Môn. Mae Forrest a Smith (1975) yn awgrymu bod y ffigurau cynhyrchedd ar gyfer corsydd Prydain, gyda *Calluna*, *Eriophorum* a *Sphagnum* yn dra amlwg ynddynt, yn amrywio o 0.3 i 0.8 kg m⁻² yr⁻¹. Mae adroddiadau diweddar am fawn yn yr Alban yn cytuno, gydag Anderson (2002) yn cyfeirio at gyfradd gymedrig hirdymor ymddangosiadol o groniat C ar gyfer tair cors o 0.213 kg C m⁻² yr⁻¹ dros yr wyth i naw mil o flynyddoedd diwethaf. Mae hyn yn arwain at ffigur cyffredinol ar gyfer twf corsydd mawn tymherus o 0.5 – 1.0 mm y flwyddyn (Lindsay et al 2014, Charman 2002, Belyea a Clymo 2001). Yng Nghymru, y cydgymunedau amlycaf sydd â mawn yn yr ucheldiroedd yw cydgymunedau Crowdy, sy'n gorchuddio

tua 680 km² gyda gorgorsydd. Mae'r gydgymuned yn cynnwys cyfres Crowdy (mawn), ond mae'n graddio i mewn i gyfres Hafren a drafodwyd yn yr adran ar briddoedd mwynol-organig, lle mae uwchbriddoedd mawnog yn nodweddiadol, neu maent yn i'w cael fel cyfres gysylltiedig mewn mosaig. Rydym felly yn credu bod cyfraddau cronni mawn yn debygol o fod yn debyg wrth edrych ar y priddoedd mwynol-organig sydd â brig mawnog. Mae cyfraddau cronni tebyg, sef 0.16 i 0.8 mm yr⁻¹, wedi'u cofnodi ar gyfer datblygiad mawn mewn cyforgorsydd yn Nenmarc (Aaby a Tauber, 1974). Fodd bynnag, mewn complexes cyforgors yn Latfia, gwelwyd cronniad mawn o 2.8 – 3.5 mm y flwyddyn (Stivins et al. 2017), ond mae cyfraddau twf uwch mewn cyforgorsydd yn aml yn gysylltiedig â llufadredd arafach.

Dylid nodi nad yw pob pridd mawn wedi'i orchuddio gan lystyfiant sy'n ffurfio mawn, ac mae nifer mewn cyflwr diraddedig lle bydd y pridd yn colli mawn drwy ddadelfennu, erydu a chywsgu. Gall y gyfradd golli hon fod drefn maint neu ragor yn fwy na chyfradd gronni'r mawn mewn rhanbarthau tymherus (Evans et al 2019), er mai prin fu'r astudiaethau o golli mawn yn y Deyrnas Unedig yn hanesyddol. Yr enghraifft enwocaf yng nghyd-destun y Deyrnas Unedig yw'r Holme Fen Post, lle bu gostyngiad o tua 4 m yn lefel yr arwyneb ers dechrau draenio yn y 1840au (Great Fen, 2021).

Mae gwlybanaeth yn allweddol er mwyn cynnal mawn, felly bydd prosesau sychu, boed yn ddraenio drwy reoli neu'n sychder, yn diraddio mawn. Mae'r dystiolaeth o Bumlumon a drafodwyd yn yr adran ar briddoedd mwynol-organig yn dangos bod plannu coed ar briddoedd podsol mawnog ac ar fawn yn golygu ei bod yn fwy tebygol y byddant yn sychu, a hynny'n arwain at golli carbon, yn enwedig lle bydd y ddaear sydd wedi'i pharatoi ar gyfer plannu'n cynnwys draenio (e.e. Sloan et al 2018). Adferodd gwernydd gwelltog y gaeaf ar ôl sychder, ond nid felly fawn a phodsolau, a gymerodd fwy o amser i ailwlychu, os gwnaethant hynny o gwbl. Ymhlith yr amodau sy'n cyfrannu at ffurfio mawn mae presenoldeb rhywogaethau sy'n ffurfio mawn, a lefel trwythiad uchel parhaus (dosbarth gwlypter VI), sy'n golygu bod y catotelm mawn yn parhau'n anaerobig; mae'r un peth yn wir am bodsolau brig mawnog.

Cyfraddau haenlino proffiliau pridd a gafwyd o gronoddilyniannau – adolygiad byd-eang

Yn yr adran hon rydym yn adolygu'r llenyddiaeth ynghylch cyfradd datblygiad haenlinau, yn bennaf drwy astudiaethau o gronoddilyniannau (gweler Adran 4.5.5). Cronoddilyniannau yw'r dilyniant pridd yr edrychir arno amlaf, ac amser yw'r newidyn sy'n newid o bum newidyn cyflwr Jenny (1941). Mae'r enghreifftiau yn rhoi trosolwg ac amcan o gyfraddau datblygu haenlinau pridd neu briodweddau allweddol pridd (e.e. carbon organig) (gweler Ffigur 9), a hynny mewn amrywiaeth o hinsoddau, gan geisio gweld a oes patrymau cyffredinol yn yr ymateb.

Podsolau

Mae podsolau a ffurfiant podsolau wedi bod yn destun astudiaethau penodol (Sauer et al. 2007; Lündström et al. 2000). Fodd bynnag, mae'r rhan fwyaf o'r ffurfiant a ddisgrifir yn y llenyddiaeth yn ymwneud â phodsolau'r iseldir sy'n aml yn ffurfio dros ddeunyddiau tywodlyd, tra bo'r rhan fwyaf o'r podsolau yng Nghymru yn bodsolau yn yr ucheldir lle gall y glawiad uchel a'r diffyg draenio fod yn ffactorau ffurfiant pridd pwysig. Mae tuedd i bodsolau'r iseldir ffurfio ar ddeunyddiau tywodlyd mewn hinsoddau oer, llaith. Mae llystyfiant yn ddylanwadol, tra bo conwydd a llystyfiant rhosydd grugaidd yn ddylanwadol wrth greu'r asidau organig sy'n ysgogi podsoleiddio, ac mae hynny hefyd yn wir yn yr ucheldir. O ran cyfraddau ffurfiant, edrychodd Alexandrovskiy (2007) ar bodsolau tywodlyd yr iseldir yn rhanbarth y Baltig (Tabl 15). Edrychwyd ar dri model gan gynnwys (i) model datblygiad pridd o'r brig i lawr, (ii) model pridd-aflonyddol a (iii) model lle'r oedd dyddodiad gwaddod rheolaidd yn digwydd. Mae Tabl 15 yn dangos canlyniadau'r model o'r brig i lawr. Gellir gweld bod prosesau pedogenig yn lleihau'n esbonyddol ac yn dod yn fychan iawn ar ôl 2000-3000 o flynyddoedd. Gan gymharu rhanbarthau'r Baltig, gwelwyd bod datblygiad podsolau'n wahanol yn rhanbarth y gogledd a rhanbarth y de. Yn y rhanbarthau gogleddol, mae'r podsolau'n fas, a'r haen echliful fel arfer yn < 10 cm, tra bo trwch yr haen echliful yn 15 – 30 cm yn rhanbarthau'r de. Mewn rhanbarthau llaith a throfannol, mae'r broses bodsoleiddio yn parhau ar ôl 2000 o flynyddoedd, a gall trwch yr haenlinau echliful a mewnlifol

fod yn 45 a 65 cm, yn y drefn honno. Ystyrir mai Dfb yw hinsawdd y Baltig ar raddfa Köppen. Bydd yr hafau'n gynhesach na rhai Cymru (ond bydd cyfartaledd y tymheredd o dan 22°C) a'r gaeafau'n oerach o lawer (o dan -3°C ar gyfartaledd), gyda dyodiad o <1000 mm yn gyffredinol. Mewn rhai ffyrdd, mae'r hinsawdd yn eithaf tebyg i hinsawdd rhannau o Gymru, a byddai rhywun yn disgwyl i drefn maint prosesau ffurfiant pridd fod yn debyg.

Tabl 15: Cyfraddau'r cynnydd yn nhrwch haenlinau hwmws* podsolau tywodlyd yn rhanbarth y Baltig yn ystod gwahanol gyfnodau yn natblygiad pridd (cm / 100 mlynedd) ar sail y model brig i lawr

Haenlinau	Amser (blynyddoedd)			
	Cannoedd cyntaf	Cannoedd	Miloedd cyntaf	Miloedd (cyfnod aeddfed)
Rhan echliol y proffil (A+E)	1 (0-4)	0.5 (0-1.5)	0.2 (0-0.8)	0
Solwm llawn (A1+E+B)	10 (0-25)	2 (0-5)	0.5 (0-1.5)	0.1 (0-0.4)

*Mewn podsolau, caiff hwmws ei drawsgludo'n gynyddol ac mae'n gorchuddio haenlin A ac yn staenio haenlin E lle bydd haearn yn trwytholchi allan.

Edrychodd Mokma et al. (2004) ar ddatblygiad podsolau mewn pedonau yn y Ffindir, sy'n debyg i Gymru. Mae Tabl 16 yn dangos sut mae trwch yr haenlinau'n datblygu dros amser. Tra bo haenlinau O ac A wedi datblygu'n gyflym tu hwnt, dros gyfnod o amser y datblygodd trwch haenlin E, tra tewychodd haenlin B gyda sescwiocsidau hefyd.

Tabl 16: Trwch datblygiad haenlinau podsolau yn y Ffindir dros 1800 o flynyddoedd. Mae'r haenlinau'n cynnwys pob gwahaniaethiad o haenlinau (e.e. Bydd Bs yn cynnwys Bs, Bhs, Bc) er mwyn symleiddio'r modd y cyflwynir y canlyniadau

	0	230	340	450	560	670	900	1800	8300	9100	10700	11300
O		0-2	0-2	0-5	0-3	0-2	0-4	0-11		0-25	0-8	
A		2-10	2-9	5-9	3-10	2-8	4-7	11-14	0-32 (Ap)			0-14
E		10-23	9-20	9-13	10-20	8-18	7-14	14-32	32-45	25-36	8-36	14-18
Bs*			23-46	20-57	13-61	20-63	18-67	32-107	45-75	36-115	36-101	18-111
C	0-15		46-72	57-75	61-80	63-80	67-84	107-117	75-90	115-170	101-153	111-150

Mae'n ymddangos mai'r consensws cyffredinol yw bod cyfraddau ffurfiant yn dechrau ar ôl tua 100-500 o flynyddoedd er mwyn i bodsol ffurfio mewn hinsawdd oer, llaith, a'i bod yn cymryd hwy yn gynyddol, hyd at 1000 o flynyddoedd, mewn hinsoddau sychach (Lundström et al. 2000; Sauer et al. 2007), gydag aeddfedrwydd llawn yn cael ei gyrraedd ar ôl 1000-6000 o flynyddoedd (Sauer et al.

2007). Gwelwyd y gall podsolau ddechrau ffurfio'n gyflym iawn mewn degawdau (Lundström et al. 2000; Stützer, 1988). Gall newid defnydd tir effeithio'n sylweddol ar bodsoleiddio. Cynigiodd Willis et al, 1997 bod newid yn y llystyfiant o goetir conwydd i goetir collddail yn Hwngari wedi arwain at newid o bodsoleiddio i ffurfio daear frown. Cynigiwyd mai newid yn yr hinsawdd oedd yn bennaf cyfrifol, gydag amodau sychach yn arwain at fwy o danau gwyllt, at ocsideiddio'r haenlin O, ac at drawsnewid i ffurfio pridd brown. Maent yn amcangyfrif bod y trawsnewid o goetir conwydd i goetir collddail wedi digwydd dros gyfnod o rhyw 100 mlynedd, tra bo'r newid yn y pridd wedi cymryd yn nes at 1000 o flynyddoedd.

Priddoedd brown

Mae priddoedd brown yng Nghymru, fel Cydgymunedau Denbigh a Milford (Tabl 3) wedi'u ffurfio o ddeunydd litho-sgerbydol (19.54%) a drifft trwchus (9.21%). Gan amlaf, mae ganddynt haenlin Ap neu Ah brown tywyllach, yn sgil cymysgu neu gronni deunydd organig. Mae'r haenlinau 'B' yn aml fymryn yn oleuach eu lliw, a bydd eu trwch yn ymestyn i tua 1 m. Maent fel arfer yn draenio'n dda, ac mae ganddynt isadeiledd clapiog is-onglog.

Edrychodd Alexandrovskiy (2007) ar y model o'r brig i lawr ar ddaear frown (Lwffisolau) yn y rhanbarth Carparthaid. Mae'r canlyniadau'n dangos, yng nghyfnodau cyntaf datblygiad haenlin, ei bod yn cymryd 0-15 mlynedd i ffurfio haenlinau O-C neu AO-C gyda sawl cm o drwch, tra'i bod yn cymryd 30-50 mlynedd i ffurfio haenlinau O-AO-A1-A1C-BW-C gyda thrwch o 15 cm. Ar ôl 70-140 o flynyddoedd, bydd mwy o wahaniaethiad i'w weld yn y proffil, gyda'r solwm yn cyrraedd trwch o 150 cm. Dangosir priodweddau datblygiad diweddarach yn Nhabl 17, gyda haenlinau'n cymryd miloedd o flynyddoedd i aeddfedu. Yn benodol gellir gweld bod cyfradd cronni hwmws yn gymharol gyson ar ôl 500 o flynyddoedd o'i gymharu â'r cyfnod cychwynnol. Mae'n debygol bod hyn yn adlewyrchu helaethder yr arwynebau mwynol sy'n rhydd i storio carbon organig ar ddechrau datblygiad y pridd, a fydd yn lleihau dros amser wrth iddynt gael eu defnyddio (enghraifft o berthynas logarithmig – Ffigur 9).

Tabl 17: Cyfraddau cynnydd haenlino a phriodweddau pridd dros amser mewn Lwffisolau (cm/100 o flynyddoedd). Mae'r ffigurau mewn cromfachau yn cynrychioli màs y deunydd sydd wedi cronni neu wedi'i waredu.

Oedran (blynyddoedd)	10	35	100	500	1000	2000	3000	10000
Trwch y proffil A + B (cm)			5-10	50-70	85	>100	150	>160
Trwch yr haenlin echlifol (cm)			5	16-20	20	30-35	30-35	30-40
Dwysedd y swmp yn haenlin B (g cm ³)			0.9-1		1.1-1.3	1.35-1.55	1.35-1.55	
Lessivage (g m ² yr ⁻¹)		40 (1.2)		200-300 (0.5)	500-1000 (0.5-1)	1000-2400 (0.5-1)	1000-2400 (0.5-1)	2000-2500 (0.25)
Croniad hwmws (g m ² yr ⁻¹)	7 (0.7)		70 (0.7)	90-100 (0.02-0.06)		100 (0)	100 (0)	2000-2500 (0.25)

Cymharu mathau o briddoedd

Adolygodd Alexandrovskiy (2007) ffurfiant pridd gyda'r model o'r brig i lawr gan edrych ar amrywiaeth o fathau o bridd yng ngorllewin a dwyrain Ewrop, ynghyd ag Alaska (Tabl 18). Mae'r cyfraddau ffurfiant yn gymharol gyflym o'u cymharu â'r rheini a geir mewn hinsoddau sychach.

Tabl 18: Amseroedd nodweddiadol datblygiad pridd gan Alexandrovskiy (2007)

Pridd	Cyfnodau amser nodweddiadol (blynyddoedd)		
	Proffil Datblygu A-C	Ymddangosiad Haenlinau Diagnostig	Proffil Aeddfed
Gleisolau Twndra A-G	10	10-20	200
Podsolau Tywodlyd E-Bs	20	50-100	1500
Sod-Podsolig Lomog E-Bt	10	100-500	2500-3000
Coedwig Lwyd A1E-Bt	5-10	300-700	3000
Pridd Du A1-Bk	5	100-200	2500-3000
Castanosemau A-Bk-Bz	10	100-200	1500-2000
Solonets El-Bt-Bk-Bz	10	100-200	1000-2000

Cymharodd Sauer et al. 2015 gronoddilyniannau pridd o wahanol hinsoddau a litholegau. Canfuwyd amryw o berthnasau ar gyfer datblygiad trwch pridd ($A + B \cdot 0.5 \cdot \text{trwch haenlinau } Ac/CA/BC/BC$ sy'n trawsnewid) dros 16 K o flynyddoedd, gydag arwyddion bod y rhan fwyaf o drwch y pridd wedi datblygu o fewn 6000 o flynyddoedd. Roedd yr hinsawdd yn dylanwadu ar y gwahaniaeth yn natblygiad trwch pridd, o gymharu â hinsawdd llaith tymherus de Norwy a diffeithwch lletgras Patagonia.

Cefnennau traethau Patagonia: $\text{Trwch y pridd (cm)} = 14.33 \text{ Oedran Lsoil (Ka)} + 3.39$; $R^2 = 0.76$

Pridd traeth Norwy: $\text{Trwch y pridd (cm)} = 30.27 \text{ Oedran Lsoil (Ka)} + 14.32$; $R^2 = 0.78$

Lôm Norwy: $\text{Trwch y Pridd (cm)} = 22.39 \text{ Oedran Lsoil (Ka)} + 85.39$; $R^2 = 0.47$

ASTUDIAETHAU ERAILL O DDILYNIANNAU PRIDD SY’N YMWNEUD Â NEWID YM MHRIODWEDDAU PRIDD

Climoddilyniannau a hindreulio mwynol

Ymchwiliodd Dere et al. (2016) i hindreulio mwynol mewn climoddilyniant lle’r oedd deunydd cysefin y pridd yn bennaf yn cynnwys siâl Silwraidd, a hwnnw’n gyforiog o haearn ond yn brin o ddeunydd organig. Dewiswyd y safleoedd o Bumlumon yng Nghymru, gyda safleoedd eraill yn Pennsylvania, Virginia, Tennessee, Alabama a Puerto Rico. Roeddent yn dangos effaith glawiad blynyddol cymedrig (amrediad: 100-250 cm) a’r tymheredd blynyddol cymedrig (amrediad: 7 i 24°C), dau o brif ysgogwyr hindreulio mwynol, ar drawsffurfiad mwynau o arwyneb y pridd i’r creigwely. Canfuwyd amrywiadau ar draws y climoddilyniant o ran dyfnder y pridd (35cm yng Nghymru i 632cm yn Puerto Rico), morffoleg, dosraniad maint gronynnau, geocemeg, a swmp a mwynoleg clai. Wrth i’r tymheredd a’r dyodiad gynyddu, roedd cynnydd cyffredinol o ran haenlino, dyfnder, cynnwys clai, a darwagio elfennau, sy’n dueddiadau a ddisgwylir wrth edrych ar ddatblygiad pridd a phrosesau hindreulio mewn lleoliadau cynhesach a gwlypach. Roedd mwynau eilaidd yn bresennol a’u crynodiad yn uwch yn safleoedd cynhesaf y climoddilyniant; roedd caolinit, diweddbwynt hindreulio clai, yn <5% yn y safleoedd mwyaf gogleddol yng Nghymru a Pennsylvania, tra’i fod yn ~30% yn y safle gwlypaf yn Puerto Rico. O’r fwynoleg yr edrychwyd arni, gwelwyd bod ffelsbar plagioclas wedi newid yn y dyfnder dyfnaf, ac yn dilyn hynny gwelwyd trawsffurfiad clorit ac ilit i fermicwilit a fermicwilit â rhyngaenau hydrocsid, gan awgrymu mai ffelsbar plagioclas oedd y mwyn cyntaf i’w addasu yn ystod y trawsffurfiad o greigwely i regolith.

Cronoddilyniannau a mwynoleg

Edrychodd Egli et al. (2001) ar newidiadau mewn mwynoleg a charbon organig mewn priddoedd a ffurfiwyd o ddyddodion rhewlifol gwenithfaenol mewn rhanbarth Alpaudd yn y Swistir. Gwelwyd y newid mwyaf mewn mwynoleg yn y 3000-4000 o flynyddoedd cyntaf wrth i’r pridd ddatblygu. Ar ôl hynny, lleihaodd y cyfraddau hindreulio’n arw, a bu bron i’r broses o ddarwagio elfennau gyrraedd asymptot. At hynny, roedd cysylltiad agos rhwng y gymhareb $\frac{[Al_{Cyfanswm}Fe_{Dithionit}]}{[Al_{Dithionit}Fe_{Cyfasnwm}]}$ yn ffracsiwn y ddaear fân ar y naill law, a hyd datblygiad y pridd a’r gwerthoedd asymptotig a welwyd ar

ôl ~3000 o flynyddoedd. Gwelwyd hefyd bod perthynas agos rhwng màs y C neu'r N organig yn yr holl broffil ac oedran y pridd, tra roedd y berthynas rhwng % y carbon organig yn yr haenlinau a'r oedran yn newidiol.

Edrychodd Bain et al. (1993) ar hindreulio cemegol a mwynegol mewn cronoddilyniant o 6 phridd a ddatblygodd mewn cerlannau afon yn y Caingorms, yr Alban. Roedd oedrannau'r priddoedd yn yr amrediad 80-13000 o flynyddoedd ers y presennol. Un o'r prif ganfyddiadau oedd y gostyngiad yn y dirlawnder bas a leihaodd o ~25 i 5% mewn 4000 o flynyddoedd ac aros yn gymharol gyson. Dyma ffurf y broses o golli dirlawnder bas o haenlin A:

$$\% \text{ Dirlawnder bas} = 3.372 + 2.612 \text{ esb}^{(-0.0007365 * \text{Amser})}$$

Cronoddilyniannau a dynameg carbon organig

Edrychodd Turk et al. (2008) ar forffoleg pridd mewn cronoddilyniant llif gweddillion mewn coedwig gonwydd yn ne California, gan gymryd samplau dros yr amrediad o 20 i 244 o flynyddoedd. Dangosodd y canlyniadau bod ffurf yr hwmws wedi newid o Formododau (20 mlynedd) i Hemimorau (26-101 o flynyddoedd) ac yn olaf i Lignomorau (163 o flynyddoedd) a Resimorau (184-244 o flynyddoedd). Cynyddodd dyfnder yr hwmws o 0 i 36 cm dros y cyfnod hwn o amser. Ar ôl 20 mlynedd roedd yn ~5cm, ar ôl 50 mlynedd roedd yn 15 cm, ar ôl 100 mlynedd roedd yn 20 cm ac ar ôl 200 mlynedd roedd yn ~25cm. Canfuwyd bod y datblygiad wedi dechrau'n gyflym cyn arafu wrth ddynesu at 100 mlynedd, cyn cyflymu eto ar ôl 200 mlynedd. Mae'r hafaliad polynomaidd hwn yn disgrifio orau gyfradd y newid: Trwch ffurfiant yr hwmws (cm) = $7.36 \cdot 10^{-6}x^3 - 2.91 \cdot 10^{-3}x^2 + 0.415x + 0.191$; R^2 0.96, $P < 0.001$

Edrychodd ail astudiaeth ar ddatblygiad pridd ar ôl digwyddiadau lle cwmpwyd coed gan y gwynt mewn tair ecosystem coedwig gysefin yn ne-ddwyrain Alaska, gan ddefnyddio cronoddilyniant 350 o flynyddoedd (Bormann et al. 1995). Cronnodd C gan ffurfio perthynas linol rhwng cellioedd, gyda chyfartaledd o $21 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. Cronnodd tua 37% o'r carbon organig yn haenlin O ($8 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$), 31% yn haenlin Bh a'r gweddill yn yr haenlinau mwynol eraill. Fodd bynnag, nid oedd y canlyniadau'n awgrymu bod ecwilibriwm wedi'i gyrraedd.

Edrychodd Darmody et al. (2005) ar groniad C organig ym mhredd safleoedd ar benrhynnau rhewlifol Storbreen yn Norwy dros gyfnod o 10000 o flynyddoedd. Aeth C pridd o 0 i $\sim 160 \text{ g m}^{-2}$ ar ôl rhwng 0 a 2000 o flynyddoedd, gan ddim ond cynyddu i 180 g cm^{-2} ar ôl 9000 o flynyddoedd, gan ddangos eto bod cyfnod cychwynnol adeiladu C yn gyflym iawn oherwydd bod helaethder yr arwynebau mwynol yn rhoi lle storio cychwynnol. Yn y 250 o flynyddoedd cyntaf, rhoddodd perthynas ym mhob safle yr hafaliad canlynol:

$$C \text{ Organig Pridd (g cm}^{-2}\text{)} = 38.28 \ln (\text{Blynnyddoedd oedran Pridd}) - 170.31; R^2 = 0.98$$

DYLANWAD NEWID DEFNYDD TIR AR DDATBLYGIAD HAENLINO A FFURFIANT PRIDD

Edrychodd Richter a Yalon (2012) eto ar fodel ffurfiant pridd yng nghyd-destun dwysáu'r defnydd o dir yn yr unfed ganrif ar hugain. Nodwyd tri newid penodol: (i) bod pridd yn cael ei drawsffurfio'n fyd-eang o fod yn elfen naturiol i fod yn elfen naturiol-ddynol, (ii) bod ffin is pridd yn llawer dyfnach na'r solwm sydd yn hanesyddol wedi'i gyfyngu i haenlinau O i B, a (iii) bod y rhan fwyaf o briddoedd yn fath o baleosol pedogenig, yn gynhyrchion archifol prosesau ffurfio pridd sydd wedi para dros oes y rhan fwyaf o briddoedd. Maent yn awgrymu bod 'gorfodiad dynol' yn cynrychioli ton fyd-eang o bolygenesis pridd sy'n addasu fflycsau deunydd ac ynni ac yn trawsffurfio thermodynameg priddoedd i fod yn systemau a allai fod yn rhai dwfn iawn.

Rhoddir isod rai enghreifftiau o'r modd mae ffurfiant pridd wedi'i addasu drwy newid defnydd tir:

- Colli haenlino naturiol drwy ffurfio haenlinau Ap drwy drin y tir.
- Defnyddio pridd mewn mannau trefol a cholli haenlino naturiol. Adolygodd Herrmann et al. (2018) drefoli mewn 11 o ddinasoedd a gynrychiolai 10 o'r 12 gradd o bridd, a dangoswyd bod gan briddoedd trefol $\sim 50\%$ yn llai o haenlinau na phriddoedd cyn-drefol.
- Gall draenio pridd achosi haenlino. Edrychodd Labaz a Kabala (2016) ar ffurfiant haenlinau molig ac wmbrieg mewn priddoedd llifwaddodol corsio sydd wedi'u draenio a'u ffermio yng ngwlad Pwyl ers yr ail ganrif ar bymtheg.
- Mae effeithiau pellach draenio o dan gaeau wedi'u canfod. Canfu Montagne et al. (2008) brif effeithiau draenio isarwynebau ar Albelwfisol, sef (i) cynyddu dyodiad ocsidau Mn a fferihydrid sy'n

gyforiog o Mn wrth i'r pellter o'r draen leihau o ganlyniad i newid yn amodau'r rhydocs a (ii) colli smectitau ac ocsidau maint clai yn gynyddol oherwydd mwy o echlifiant ger y draen.

- Gall defnydd tir wyrdroi prosesau ffurfio pridd. Edrychodd Barrett a Schaetzl (1998) ar ddadbodsoleiddio ar ôl cael gwared ar goedwig ac adfer y tir i baith. Canfuwyd bod mwy o bodsoleiddio ym mhedonau'r coedwigoedd nag yn y paith. Roedd cysylltiad rhwng dadbodsoleiddio ym mhedonau'r paith a newidiadau i C organig a'r gofyniad i gael cydgymunedau metelig-organig.
- Gall newid defnydd tir effeithio ar ddal a storio carbon a newid ei ddosraniad a'i briodweddau drwy'r holl broffil (Kurganova et al. 2019).
- Bydd dychwelyd y tir yn goetir yn newid gwlybanaeth y pridd a dynameg y lefel trwythiad.
- Bydd gan erydiad pridd, gan ddibynnu ar ei faint a'i gyfradd, y capasiti i deneuo'r proffil pridd gan achosi newidiadau i drwch yr haenlin.
- Bydd cywasgiad yn newid prosesau cyfnewid nwyol y pridd gan arwain at barthau rhydocs newydd.

Oherwydd yr amser mae'n ei gymryd i haenlino ddigwydd, mae monitro'r newidiadau hyn yn aml yn gymhleth ac yn gofyn am fonitro newidiadau penodol iawn i ddefnydd tir dros gyfnodau hir o amser, a phrin y bydd hynny'n digwydd. At hynny, efallai na fydd rhai newidiadau i ddefnydd tir neu reoli tir yn arwain at newidiadau sylweddol yn nyfnder haenlinau, ond gallant achosi newidiadau i briodweddau yn yr haenlinau hynny, gan arwain at newidiadau i'r Stoc Cyfalaf Naturiol. Yn benodol, mae hyn yn ymwneud â charbon organig a maetholion. Gallai'r defnydd o arbrofion hirdymor (e.e. Rothamsted) mewn perthynas â newid defnydd tir ac arferion rheoli (e.e. sut y caiff y tir ei droi) roi rhyw fath o amcan o'r effeithiau.

Roedd Adran 4.6.7 yn disgrifio pwysigrwydd newid amgylcheddol (sychder, defnydd tir) mewn priddoedd mwynol-organig sy'n cyflenwi gwasanaethau ecosystemau pwysig (e.e. dal a storio carbon, hidlad a rheoli llifoedd dŵr). Mae safle'r tirlun a'r potensial i wella priddoedd mwynol-organig yn golygu bod y priddoedd hynny'n fregus pan newidir defnydd tir, yn enwedig os yw hynny ar gyfer amaethyddiaeth a choedwigaeth. Mae'r gweithgareddau yn aml yn cynnwys aflonyddu, cymysgu a chalchu a allai newid swyddogaeth podsolau mwynol-organig. Darperir dadansoddiad manylach o effaith defnydd tir a rheoli ar briddoedd deunydd organig yng Nghymru a Lloegr gan Bol et al. (2011).

Mae synthesis o rai o'u canfyddiadau wedi'i grynhoi isod, er iddynt gydnabod bod y dystiolaeth ar gyfer y rhain yn wael. Mae priddoedd deunydd organig wedi'u cnydio yng Nghymru yn brin, ond y consensws yw bod hyn yn arwain at golli carbon. Mae'r arferion gorau ar gyfer cadw carbon mewn glaswelltir yn cynnwys ailwlychu, tra bo lleihau dwysedd y stoc hefyd yn cael effaith sylweddol. Roedd yr adroddiad yn dangos nad oedd pobl yn deall yn dda effaith trosi priddoedd deunydd organig o laswelltir i goedwigaeth. Awgrymodd yr adroddiad bod mymryn o gynnydd yn y carbon sy'n cael ei storio yn gysylltiedig â choedwigaeth ar briddoedd deunydd organig. Mae ymchwil yn yr Alban yn awgrymu bod yr effaith ar briddoedd yn cynnwys cynnydd mewn carbon yn yr uwchbridd ond colledion lle ceir dyfnder (Razauskaite et al. 2020); nid yw colli'r hyn a ystyrir yn garbon sefydlog dwfn yn ddymunol. Dylid nodi mai ymchwil a edrychai ar briddoedd tywodlyd oedd hwn, ac nid y priddoedd â gwead mannach a geir yn aml yng Nghymru, ac a allai golli mwy o garbon; roedd priddoedd yr Alban yn cynnwys tua 4% o ddeunydd organig pridd yn eu haenlinau B o'i gymharu â dros 30%, er enghraifft, yn haenlinau cyfres B Hafren Clocaenog (Robinson et al. 2016). Yr arferion rheoli gorau a gynigiwyd oedd cynyddu hyd cylchdro'r goedwig er mwyn aflonyddu llai ar bridd, a rheoli'r safle'n dda, a allai gynnwys gorchudd coedwig parhaus ac aflonyddu cyn lleied â phosibl ar y pridd.

EFFEITHIAU NEWIDIADAU I FFACTORAU CYFLWR JENNY – YR HINSAWDD

Yn debyg i effeithiau newid defnydd a rheoli, mae angen ystyried newid hinsawdd yng nghyd-destun hafaliad Jenny. Ar hyn o bryd, rhagwelir gaeafau cynhesach, gwlypach a hafau sychach, o ganlyniad i gynnydd mewn CO₂ yn yr atmosffer. Drachefn, mae'n debygol y gallai newid mewn haenlino ddigwydd yn raddol dros gyfnod o amser. Fodd bynnag, mae'n debygol y bydd rhai newidiadau i gyfalaf naturiol yn digwydd o fewn haenlinau.

- Ar sail damcaniaeth Q₁₀, gall tymereddau uwch gynyddu resbiradaeth ficrobaidd gan arwain at ostyngiad yng ngharbon organig pridd.
- Efallai y bydd cynnydd yn nhwf planhigion, oherwydd CO₂ uwch, yn cydbwysu hyn, a gallai hynny gynyddu dyddodiad C drwy wreiddiau.
- Gallai dyodiad uwch arwain at fwy o hindreulio mwynol (e.e. K-Ffelspar) a allai leihau cyfalaf naturiol mwynau, gan gynyddu cynhyrchion hindreuliad.

- Gallai fod effaith ar gylchoedd bioddaeargemegol N a P, drwy golli maetholion a mwy o allyriadau nwyon tŷ gwydr, oherwydd newidiadau yng ngwlybanaeth y pridd.

ASESIAD O FFURFIANT PRIDD YNG NGHYMRU AR RADDFA GENEDLAETHOL

Mae Tablau 19 a 20 yn rhoi awgrym o'r amcangyfrifon, ar sail ein hadolygiad o'r llenyddiaeth, o gyfraddau cynhyrchu a ffurfio pridd. Mae'r cyfraddau wedi'u darparu ar gyfer deunydd cysefin pridd a mathau o bridd. Mae'r gwerthoedd hyn wedi'u codi o'r gwerthoedd a welwyd yn yr adolygiadau o'r llenyddiaeth yn Adran 4.6, ac fe'u trafodir gan yr awduron fel amcan o'r cyfraddau ar sail gwybodaeth, a chan ystyried hinsawdd Cymru. Mewn priddoedd mwynol-organig, mae'n debygol y bydd pridd yn cael ei gynhyrchu, yn ogystal ag adeiladu'r haen organig at i fyny, sy'n golygu bod dyfnder y pridd o bosibl yn ehangu o frig ac o waelod y proffil. Gan hynny, byddem yn dewis cyfradd cynhyrchu pridd o Dabl 19 a chyfradd datblygu haen organig o Dabl 20.

Tabl 19: Awgrym o gyfraddau cynhyrchu pridd 'trefn un' ar gyfer gwahanol ddeunyddiau cysefin pridd yng Nghymru o greigiau cyfunol

Cod yr ESB	Prif ddosbarth deunydd cysefin	Arwynebedd (%) y Deunydd Cysefin	Cyfraddau Cynhyrchu (mm yr-1)	Nodiadau
100	Creigiau gwaddodol clastig cyfunol	23.88	0.03-0.2	Ar sail data ar gyfer hinsawdd Cfb a chreigiau gwaddodol; Evans et al. 2019
200	Creigiau gwaddodol (wedi'u gwaddodi'n gemegol, wedi anweddu, neu o darddiad organo-genig neu fiogenig)	Ddim yn berthnasol	Ddim yn berthnasol	Nid oes cyfraddau cynhyrchu ar gael ar gyfer calchfaen / sialc
300	Creigiau igneaidd	2.35	0.01 -0.02	Ar sail data ar gyfer hinsawdd Cfb a chreigiau igneaidd; Riggins et al. 2011
400	Creigiau metamorffig	0.24	0.004-0.05	Hinsawdd Cfb (Heimsath et al 2001)
500	Dyddodion anghyfunol (llifwaddod, gweddillion hindreuliad a dyddodion llethrau)	4.57	Ddim yn berthnasol	
600	Dyddodion rhewlifol anghyfunol / drifft rhewlifol	36.43	Ddim yn berthnasol	
700	Dyddodion aeolaidd	0.72	Ddim yn berthnasol	
800	Deunyddiau organig	1.95	0.5 -1	Ar sail cyfraddau ffurfio mawn yn y DU
900	Dyddodion anthropogenig	0	Ddim yn berthnasol	

Tabl 20: Amcangyfrifon trefn un o'r amser mae'n ei gymryd i haenlinau ddatblygu ac aeddfedu. Mae hyn yn cynnwys cyfradd adeiladu (3) deunydd organig, a thybir hefyd mai dyma gyfradd adeiladu at i fyny haenau organig mewn priddoedd mwynol-organig.

	Prif grwpiau pridd NATMAP (NSRI) 1:250,000 (Thompson, 2007)	Gorchud d tir (%)	Cychwyn haenlino	Haenlino aeddfed	Nodiadau
1	Daearyl crai	<0.1			
2	Priddoedd glei crai	0.2			
3	Lithomorffig Tywodlyd Organig	2.2	<50 o flynyddoedd 0.5-1mm yr	50-350 o flynyddoedd	Ar sail cyfraddau twyni tywod yn Nhywyn Niwbwrch, Ynys Môn (Jones et al. 2008) Ar sail cyfraddau cronni mawn yn y DU Mae priddoedd lithomorffig yn cynrychioli'r priddoedd hynny lle mae haenlin fas sy'n gyfuriog o garbon organig yn adeiladu at i fyny ar graig
4	Pelosolau	0.1			
5	Priddoedd brown	30.2		1000-2000 o flynyddoedd	Ar sail cyfradd lwfisolau
6	Podsolig	32.3	<50 o flynyddoedd	>1000 o flynyddoedd	Ar sail y cyfraddau podsolau sydd wedi'u cofnodi
7	Glei dŵr wyneb	24.7	<50 o flynyddoedd	1000-2000 o flynyddoedd	
8	Glei dŵr daear	3.4	<50 o flynyddoedd	1000-2000 o flynyddoedd	
9	Gwneuthuriad dyn	0.4	Ddim yn berthnasol		
10	Mawn	3.4	0.5-1mm yr	Ddim yn berthnasol	Ar sail cyfraddau cronni mawn yn y DU

CAM 4 SONARR: GWASANAETHAU ECOSYSTEMAU

Mae'r adran hon yn cyflwyno rhesymeg sy'n dangos pam mae asesiad o gyfraddau ffurfiant pridd yn bwysig yng nghyd-destun cyfalaf naturiol a gwasanaethau ecosystemau. Mae priddoedd yn rhoi swyddogaethau hanfodol i gymdeithas (Blum, 2006). Maent yn cynnal ein hecosystemau daearol; yn tyfu ein bwyd, ein porthiant, ein ffeibr a'n coed; yn hidlo dŵr; yn rheoli'r atmosffer; yn ailgylchu gwastraff; yn gwarchod ein treftadaeth; yn adnodd esthetig a diwylliannol; ac yn darparu cyfanswm genynnol ac adnodd biolegol hanfodol. Er gwaethaf hyn, bydd priddoedd yn aml yn cael eu diystyru yn y fframwaith gwasanaethau ecosystemau, yn bennaf gan yr ystyrir eu bod yn darparu gwasanaethau cefnogol (MEA, 2005). Wrth i fframweithiau cyfrifo cyfalaf naturiol ddatblygu, ac yn enwedig SEDA y Cenhedloedd Unedig (2014a), mae cydnabyddiaeth wedi'i rhoi i bwysigrwydd priddoedd ynddynt eu

hunain, ond prin fu'r gwaith i ddatblygu'u cyfraniad at y fframwaith cyffredinol (Obst, 2015). Yn rhan o'r SEEA (2012), sef y fframwaith cyffredinol a ddefnyddir gan y Deyrnas Unedig i ddatblygu Cyfrifo Cyfalaf Naturiol, caiff priddoedd eu cydnabod fel un o'r 7 prif asedau ar gyfer is-gyfrif. Yn rhan o'r SEEA, caiff pridd sylw mewn dau brif faes, fel "ased ffisegol", ac yn y "tablau cyflenwi a defnydd ffisegol" (UN, 2014a). Fel ased ffisegol, mae'r asesiad wedi'i seilio ar arwynebedd a chyfaint; gan hynny, mae ffurfiant a cholli pridd yn sail i'r rhan hon o'r SEEA. Nid yw'r meini prawf ar gyfer adrodd am briddoedd yn y SEEA ac yng nghyfrifon cyfalaf naturiol y Deyrnas Unedig wedi'u datblygu eto. Fodd bynnag, cynigiwyd cynnig ar sail newidiadau i ased y pridd yn Robinson et al. (2017), ar sail cylchoedd pridd:

Maint a chyfaint/cyfrifon màs ar gyfer cylchoedd pridd:

- Cynhyrchu ac erydu pridd
- Ennill a cholli carbon pridd
- Rhyddhau a cholli maetholion pridd
- Cydbwysedd rhwng ynni a dŵr pridd

O fewn y fframwaith hwn, ystyrir ffurfiant ac erydiad pridd gyda'i gilydd i benderfynu a yw priddoedd yn diraddio, yn cynyddu, neu'n cadw'r cydbwysedd yn unig. Roedd y gwaith yn dadlau y dylai'r gorchudd tir greu'r uned adrodd gyffredinol, gan is-rannu honno yn ôl y math o bridd neu'r briodwedd o ddiddordeb, gan fod tir yn cael ei reoli gan gynefinoedd ar y lefel uchaf. At hynny, mae'r fframwaith yn pwysleisio pwysigrwydd newid, yn enwedig yn y fframwaith cyfrifo gwasanaethau ecosystemau cychwynnol (UN, 2014b). Mae'r Swyddfa Ystadegau Gwladol (ONS) wedi gwneud rhywfaint o ymdrech i gynnwys priddoedd yn eu cyfrifo hyd yma, gyda gwybodaeth am briddoedd wedi'i chynnwys yn y cyfrifon carbon trawsbynciol (ONS, 2016), ac mae'r newid ym mhriodweddau pridd wedi'i gynnwys yn rhai o'r cyfrifon cynefinoedd (ONS, 2017). Mae Cymru mewn sefyllfa gref i ddatblygu ac adrodd am gyfrifon cyfalaf naturiol yng nghyd-destun pridd, gan fod SoNaRR yn gyson â dull gweithio'r Swyddfa Ystadegau Gwladol. At hynny, defnyddiodd y Swyddfa Ystadegau Gwladol ddata'r Arolwg Cefn Gwlad i raddau helaeth wrth adrodd, ac mae Cymru wedi gwneud gwaith monitro Glastir (2013-16; ERAMMP bellach), sy'n gyson â dull yr Arolwg Cefn Gwlad. Hyd y gwyddom ni, nid oes asesiad o ffurfiant ac

erydiad pridd wedi'i gynnal yn unman yn y byd, a byddai Cymru mewn sefyllfa gref i gynnal dadansoddiad o'r fath ac ystyried y data sydd ar gael o'r Stocrestr Pridd Genedlaethol a rhaglen fonitro ERAMMP.

CAM 5 SONARR: OPSIYNAU AR GYFER RHEOLI MWY CYNALIADWY

Yn y rhan hon rydym yn crynhoi'r canfyddiadau yng nghyd-destun Cymru ac yn dangos y prif fylchau mewn gwybodaeth sy'n deillio o'r adolygiad. Yn adrannau olaf yr adroddiad rydym yn enwi canolfannau rhagoriaeth ym maes ymchwil i ffurfiant pridd, a'r opsiynau ar gyfer asesu cyfraddau ffurfio pridd ar raddfa genedlaethol.

Y PRIF FYLCHAU MEWN GWYBODAETH

Priddoedd mwynol

- Yn achos creigiau cyfunol, mae'r dystiolaeth i gefnogi data am gyfradd cynhyrchu pridd yng Nghymru yn gyfyngedig iawn, yn enwedig o ran prif ddeunyddiau cysefin pridd, sef tywodfeini a cherrig llaid/siâl. Mae'r gronfa ddata fyd-eang ac yn enwedig y mesuriadau cynhyrchu pridd a gymerwyd yn Lloegr (Evans et al. 2019; Riggins et al. 2011) yn rhoi amcan da o'r cyfraddau ar gyfer aelodau pen creigiau caled (e.e. gwenithfaen) a daeareg feddal (e.e. tywodfaen waddodol) mewn hinsoddau sy'n gymharol debyg (Canolbarth Lloegr a Dartmoor). Felly, ar gyfer pridd gwenithfaen yn ne-orllewin Lloegr, canfuwyd bod y cyfraddau cynhyrchu pridd rhwng 0.01 a 0.02 mm yr⁻¹, ac ar gyfer tywodfeini meddal yng nghanolbarth Lloegr, roedd y cyfraddau yn hyd at 0.2 mm yr⁻¹. Mae'r cyfraddau rhyngwladol a gafwyd o'r categori CfB (Hinsawdd cefnforol) (Tabl 11), sef y categori y mae Cymru'n perthyn iddo o ran hinsawdd, yn yr amrediad 0.004 – 0.193 mm yr⁻¹. Mae'n ymddangos y byddai'r rhain yn cynrychioli terfynau uchaf ac isaf gweddol realistig i Gymru, ar sail y rheini a astudiwyd yn Lloegr. Fodd bynnag, byddai rhagor o ddilysrwydd maes yng Nghymru yn ddefnyddiol gan fod cryfder a mwynoleg y creigwely yn ffactor o bwys. Er enghraifft, dangoswyd bod cyfraddau cynhyrchu pridd tywodfeini yn amrywio yn dibynnu a ydynt yn y categori caled ynteu feddal (sy'n dibynnu ar natur yr amgylchedd gwaddodol y gosodwyd y gwaddod ynddo, a'r prosesau lithiffigeiddio a diagenetig a bydd

y gwaddod yn mynd trwyddynt). Byddant hefyd yn amrywio yn dibynnu ar y math o sment a natur y sment (e.e. gordyfiant silica, haearn ocsid) sy'n dal y gronynnau gyda'i gilydd, ac i ba raddau mae'r graig wedi'i hindreulio. Byddai graddiad y dyodiad drwy Gymru a'r modd mae'n rhyngweithio â'r dirwedd yn elfen ddylanwadol o bwys i'w phrofi, er mwyn asesu i ba raddau mae cyfraddau cynhyrchu'n amrywio o'i herwydd. Mae tri math o bridd yn amlwg iawn yng Nghymru (priddoedd brown, podsolau a gleiau dŵr wyneb). Gan hynny, byddai canolbwyntio ar y tri yma yn fan cychwyn da. Byddai'n bwysig canfod y cyfyngiadau pellach ar gyfraddau cynhyrchu pridd, ynghyd â'r cyfraddau erydu yng Nghymru (a glaswelltir yn enwedig), gan y gallai'r cyfraddau erydu a'r cyfraddau cynhyrchu fod yn debyg iawn mewn nifer o achosion.

- Hyd y gwyddom ni, nid oes dadansoddiad 'cyfres amser' o gyfraddau haenlino pridd wedi'i gynnal yng Nghymru, ar greigiau cyfunol nac ar greigiau anghyfunol. Gallai hyn adlewyrchu absenoldeb safleoedd dilyniannau pridd addas. Byddai'n ddefnyddiol canfod safleoedd posibl (os oes unrhyw rai'n bodoli), yn enwedig gan fod gan Gymru ddyodiad blynyddol uchel i ysgogi prosesau ffurfio pridd. Drachefn, byddai dadansoddiad a gynhelir o'r dwyrain i'r gorllewin, gan edrych ar uchder a thirwedd, yn rhoi gwybodaeth sylweddol. Mae data o ranbarth y Baltig (tablau 15 ac 16), a'r rheini'n ymwneud yn bennaf â phodsolau, yn rhoi amcan o'r cyfraddau ffurfiant yn y rhanbarthau hinsoddol sydd debycaf i Gymru. Mae haenlino pridd yn amlwg o fewn can mlynedd, gydag aeddfedrwydd proffiliau yn cymryd 1000 o flynyddoedd, o leiaf. Mae modd gweld yr amserlenni hyn, sef cannoedd o flynyddoedd i gydnabod datblygiad, a miloedd o flynyddoedd ar gyfer aeddfedrwydd y proffil, mewn mathau eraill o briddoedd (Tablau 17 ac 18) a byddent yn rhoi brasamcan da ar gyfer Cymru.

- Drwy neilltuo i briddoedd Cymru y gwerthoedd sydd wedi'u casglu o ddadansoddiadau byd-eang o gynhyrchu pridd a haenlino, mae'n amlwg mai niwlog yw'r ddealltwriaeth ar hyn o bryd o ffurfiant pridd. Mae'n bwysig rhoi pwyslais penodol ar yr amrywiad o ran sut y bydd pridd yn cael ei gynhyrchu a'i ffurfio ar lethrau, gan mai ar lethrau (a llethrau â'r yn enwedig) y mae'r pridd yn debygol o deneuo, a'r cwestiwn allweddol yw, 'A yw'r ffurfiant yn hafal i'r erydiad?'.

- Mae data ar ddatblygiad haenlinau mewn priddoedd Gleï, sef ~30% o briddoedd Cymru, yn brin iawn yn y data a adolygwyd (yng Nghymru ac yn rhyngwladol). Adroddwyd un awgrym o 200 mlynedd ar gyfer aeddfedrwydd proffil gleï mewn ecosystemau Twndra (Tabl 18). Dyma'n amlwg faes sy'n gofyn am fwy o ymchwil, yn enwedig gan ei fod yn ymwneud â materion draenio a newid defnydd tir. Fodd bynnag, byddai pennu'n gyffredinol bod angen cannoedd o flynyddoedd i haenlin ddechrau datblygu a chael ei gydnabod, a miloedd o flynyddoedd ar gyfer aeddfedrwydd, yn synhwyrol yng Nghymru.
- Mae data o gronoddilyniannau hefyd yn dangos bod gwahanol briodweddau haenlinau pridd yn datblygu ar wahanol gyflymder (gweler y cysyniad yn Ffigur 9). Mae'r data a adolygwyd yn awgrymu bod haenlinau carbon organig yn dechrau datblygu a bod modd eu hadnabod ar ôl cyfnod o rhwng degau a channoedd o flynyddoedd. Byddai rhywun yn disgwyl gweld hyn yng Nghymru, sydd â hinsoddau a glawiad uchel, yn enwedig dros 300m lle mae deunydd organig yn dueddol o gronni.
- Ffactor pwysig sydd ar goll wrth ganfod cyfraddau cynhyrchu pridd yng Nghymru yw mwy o wybodaeth am ddyfnder pridd. Mae gwybodaeth fras yn bodoli, fel map 'Dyfnder i Ben y Graig' Arolwg Daearegol Prydain neu wybodaeth am broffiliau pridd o NatMap, ond byddai mwy o fanylder gofodol yn ddefnyddiol. Yn gyntaf, mewn deunyddiau cysefin cyfunol, mae'n un o brif benderfynynnau cyfraddau ffurfiant (h.y. faint o ddŵr sy'n cyrraedd rhyngwyneb y graig-pridd er mwyn i brosesau cemegol a ffisegol ddigwydd). Yn ail, yn achos DCP anghyfunol, mae'n cynrychioli dyfnder y deunydd lle gall priddoedd ddatblygu. Os collir y gwaddod anghyfunol, byddai rhagor o gynhyrchu pridd yn adlewyrchu'r ffaith mai'r ddaeareg gyfunol oddi tanodd sy'n ei gynhyrchu. Yn drydydd, mae dyfnder y pridd mewn tirlun sydd wedi'i greu gan rewlif, yn enwedig yn yr ucheldir, yn debygol o fod yn hynod o newidiol oherwydd y gweddillion daearegol oddi tanodd, a byddai mwy o wybodaeth yn helpu i ganfod amrediad y cyfraddau cynhyrchu a ffurfio pridd. Mae dyfnder pridd yn bwysig i storio dŵr a maetholion, ac mae ei angen ar gyfer dyfnder gwreiddio, tra gall erydiad leihau'r potensial i ddarparu'r gwasanaethau hyn, yn enwedig lle bydd priddoedd eisoes yn denau. Byddai gwybod y gymhareb rhwng

dyfnder yr uwchbridd a chyfanswm dyfnder y proffil yn ddefnyddiol, yn enwedig mewn priddoedd sy'n adeiladu at i fyny lle caiff carbon organig ei storio.

- I ddeall pethau ymhellach, mae'n bwysig cael rhagor o ddealltwriaeth o gyfraddau adeiladau at i fyny pridd. Gan ddibynnu ar ddyfnder y proffil a'r deunydd cysefin, bydd dwy raddfa ddatblygu yn digwydd, sef o'r brig i'r gwaelod wrth i ddeunydd cysefin gael ei hindreulio o graig i bridd, ac at i fyny wrth i ddeunydd organig gronni. Mae hyn yn arbennig o bwysig mewn priddoedd mwynol-organig. Felly, byddai rhywun yn disgwyl i'r cyfraddau cynhyrchu pridd fod yn debyg i'r hyn a awgrymwyd ar gyfer creigwelyau Cymru, ac awgrymwyd cyfradd adeiladu at i fyny o 0.5 i 1 mm yr⁻¹ ar gyfer haenlinau sy'n gyforiog o ddeunydd organig a mawn yng Nghymru. Gwelwyd bod yr uchder, y tymheredd blynyddol a'r glawiad i gyd yn elfennau sy'n rheoli'r modd y bydd mawn yn adeiladu at i fyny. Mae gwaith modelu data'r Arolwg Cefn Gwlad (Reynolds et al., 2013) gan ddefnyddio dysgu peirianyddol ar gyfer Prydain Fawr yn dangos mai'r trothwy ar gyfer ffurfiant corsydd, gan hepgor systemau'r iseldir, yw uchder o 208m, tymheredd blynyddol cyfartalog o < 8°C, a dyodiad sy'n fwy na 3.942e-05 kg m⁻² s⁻¹ (~1150 mm yr⁻¹). Data ar gyfer Prydain Fawr a geir i gefnogi hyn, a gellid cynnal dadansoddiad manylach ar gyfer Cymru. O dan y trothwy hwn, bydd ansoddau mwynol yn amlwg iawn mewn priddoedd, ond gallant gynnwys symiau sylweddol o garbon o hyd, yn enwedig os ydynt yn ddirlawn am gyfnodau hir. Fodd bynnag, nid oes astudiaethau yn y Deyrnas Unedig wedi edrych ar yr elfennau sy'n rheoli'r modd y bydd deunydd organig yn adeiladu mewn priddoedd mwynol ar uchderau is, ar hyd graddiannau dyodiad, er enghraifft.

- Mae'r defnydd o dir yn benderfynyn o bwys wrth edrych ar storio carbon organig a'r modd y bydd pridd yn adeiladu at i fyny, a dywedir bod y gostyngiad mwyaf mewn carbon organig yn y Deyrnas Unedig i'w weld mewn tir â'r (Reynolds et al., 2017). Glaswelltir yw mwyafrif y tir amaethyddol yng Nghymru, ac felly mae'n bosibl bod colli carbon organig sy'n gysylltiedig â thrin tir â'r, sy'n arbennig o gyffredin yn iseldir Lloegr, yn llai pwysig ar raddfa genedlaethol nag ydyw yn iseldir Lloegr, ond mae'n debygol o barhau ar briddoedd â'r Cymru.

- Mae cyfraddau adeiladu at i fyny priddoedd llifwaddodol yng Nghymru a Lloegr wedi'u cyfyngu'n gymharol dda i werth canolrif o $\sim 1.8\text{mm yr}^{-1}$. Anaml y bydd cyfraddau adeiladu at i fyny dyddodion godre llethrau'n hysbys, nid yn unig yng Nghymru ond yn rhyngwladol hefyd. Mae cyfraddau adeiladu at i fyny priddoedd llifwaddodol a chasglifol ill dau'n gysylltiedig ag erydiad llethrau bryniog neu'r dalgylch, sy'n dangos pa mor ddefnyddiol fyddai rhagor o wybodaeth am y broses geomorffolegol bwysig hon. Mae priddoedd llifwaddodol a chasglifol ill dau'n bwysig o ran hydroleg a storio carbon mewn dalgylchoedd.

- Ceir cysylltiad rhwng pridd sy'n adeiladu at i fyny drwy gronni gwaddod ac erydiad pridd. O ran deall y cydbwysedd rhwng ffurfiant pridd ac erydiad pridd, a chan hynny'r cysyniad o hyd oes pridd, mae angen gwell dealltwriaeth o'r cyfraddau erydu yng Nghymru. Ar hyn o bryd, mae'r data'n gogwyddo tuag at fawn, ac mewn arolygon o erydiad pridd yng Nghymru a Lloegr, y defnydd o dir â'r sy'n dueddol o gael sylw. Mae angen rhagor o sylw i erydiad ar laswelltiroedd Cymru, sy'n amlwg iawn yn amaethyddiaeth Cymru.

- Mae mesur newid yn nhrwch pridd yn heriol. Fodd bynnag, gallai data ymyriadureg o loerenni, yn enwedig gan ddefnyddio lloerenni sentinel rhad ac am ddim yr Undeb Ewropeaidd, fod yn ddefnyddiol i ganfod newidiadau mewn symudiadau ar yr arwyneb, o leiaf, a gallai hynny ddangos y cysylltiad ag erydiad a helpu i ganfod lleoliadau bregus.

PRIDDOEDD MWYNOL-ORGANIG A MAWN

Ceir rhywfaint o ddealltwriaeth o gyfraddau ffurfiant cyffredinol priddoedd mwynol-organig drwy astudiaethau sydd wedi'u cyhoeddi. Mae cyfraddau sy'n benodol i Gymru yn llai hysbys, ond awgrymir bod gan groniad deunydd organig yn achos mawn, priddoedd mwynol-organig ac uwchbriddoedd mawnog amrediad o $0.5 - 1\text{ mm yr}^{-1}$, sef yr amrediad sydd wedi'i fesur yn yr Alban (gweler Adran 4.6.8).

- Ni cheir dealltwriaeth lawn yng Nghymru o sut y gall camau rheoli a newid hinsawdd addasu cyfradd adeiladu at i fyny priddoedd mwynol-organig. O ran cynnal prosesau ffurfio pridd, gall yr arfer gorau wrth gadw carbon mewn amgylcheddau lled-naturiol gynnwys lleihau dwysedd storio a phori. Mewn systemau a reolir, mae rheoli'r lefel trwythiad a dwysedd stocio'n bwysig (Bol et al. 2011) fel na chynyddir cyfraddau ocsideiddio carbon organig.
- Efallai mai'r newid mawr o ran rheoli yng Nghymru fydd troi glaswelltir mwynol-organig yn dir coedwigaeth, yn enwedig fel rhan o gynlluniau stiwardiaeth amgylcheddol. Gallai hyn newid y lefel trwythiad gan arwain at golli carbon drwy ocsideiddio. Mae astudiaeth ddiweddar gan Williamson et al. (2021) yn awgrymu bod plannu coed ar briddoedd organig yn yr Alban wedi arwain at gynydd yng nghyfraddau allforio carbon organig hydawdd o ddalgylchoedd, a allai effeithio ar ansawdd dŵr yfed. Yn gynyddol, gallai hafau sych arwain at gynydd yn hydroffobigedd dŵr, a allai gynyddu erydiad.
- Mae prinder gwybodaeth am ddyfnder mawn mewn ardaloedd bychain, ac mae hynny'n allweddol i'w reoli.
- Nid yw'r gwaith o fapio draeniau mawndiroedd yn gyflawn ar raddfa genedlaethol, sy'n amharu ar y gallu i flaenoriaethu gwaith adfer a rheoli.

RHEOLI

- Mae dŵr yn aml yn ffactor pwysig yn ffurfiant pridd Cymru, lle mae dyodiad uchel a draenio gwael yn arwain at ddatblygiad priddoedd mwynol-organig ac uwchbriddoedd mawnog, ac at ffurfiant mawn, ac mae hefyd yn ysgogi erydu a theneuo pridd. Ni cheir llawer o gofnodion am effaith draenio neu ddiffyg draenio ar ffurfiant pridd yng Nghymru, nac yn y llenyddiaeth fyd-eang. Fodd bynnag, bydd tir yn cael ei ddraenio er mwyn gwella'r pridd, ac mae'n hynod o debygol ei fod yn effeithio ar ffurfiant

haenlinau, drwy newid y statws hydrolegol. Byddai hanes draenio yng Nghymru yn awgrymu bod y newidiadau hyn yn debygol o fod wedi digwydd ers cyfnod y Rhufeiniaid. Wrth edrych ar brif briodweddau haenlino pridd, byddai hyn yn effeithio ar faint o haenlino ac i ba raddau y byddai gleio'n digwydd i haenlinau priddoedd (gan gynnwys newid mwynolegol drwy newid y statws rhydocs), ffurfiant podsolau a chroniad carbon organig. Mae cyfleoedd nawr yn bodoli i olrhain newidiadau mewn statws gwlybanaeth gan ddefnyddio data lloerenni.

- Ni cheir dealltwriaeth dda o sut y bydd plannu coed yn helaeth yn effeithio ar fathau penodol o bridd, ond mae hyn yn debygol o gael effaith bwysig ar gydbwysedd y dŵr a'r pridd. Mae tystiolaeth o'r ucheldir yn awgrymu bod clirio coed wedi galluogi mawn i ddatblygu ar ôl rhewlifant, gan achosi newid yng nghyflwr ffurfiant pridd, i bob diben. Ar y llaw arall, os caiff coed eu plannu *en masse*, a fydd hynny'n arwain at newid yng nghydbwysedd y dŵr ac at sychu priddoedd, ac yn achos podsolau, a allai hyn rwystro podsoleiddio neu arwain at ocsideiddio uwchbriddoedd mawnog? Mae'r rhain yn gwestiynau o bwys.

- Un ffordd bosibl o ddeall effeithiau hirdymor rheoli a newid cysylltiedig yn y pridd yw ystyried sut fyddai'r pridd pe bai'n bodoli yn ei gyflwr naturiol heb ymyrraeth gan bobl, ynghyd â'r cyfnod o amser a fu ers i bobl effeithio arno am y tro cyntaf. Byddai dadansoddiad wedi'i seilio ar y dull hwn yn ymarfer diddorol a byddai'n cyfrannu llawer at ddeall sut mae rheoli wedi newid priddoedd Cymru dros amser. Byddai hefyd yn helpu wrth asesu newid yn y dyfodol.

NEWID AMGYLCHEDDOL

- Priddoedd mwynol-organig a phriddoedd mawn yw ~25 % o'r priddoedd yng Nghymru. Mae cynnwys carbon organig y priddoedd hyn, ynghyd ag yn y ~75% arall o adnodd pridd Cymru, yn fregus oherwydd newidiadau yn yr hinsawdd. Ni cheir dealltwriaeth dda ar hyn o bryd o'r cydbwysedd rhwng y dyodiad uwch a'r tymereddau cynhesach a ddisgwylir. Mae angen deall pwyntiau tyngedfennol bosibl

yn y perthnasau hyn ac yn y ddynmeg hon er mwyn gwarchod stociau carbon, ond bydd hyn hefyd yn effeithio ar natur ffurfiant pridd a haenlino yn y dyfodol. Ceir tystiolaeth gyfyngedig sy'n awgrymu y gallai sychder arwain at sychu a rhyddhau carbon o briddoedd organig a newid hydroleg y pridd ym mhodsolau Cymru (Adran 4.6.7).

- Mae newid defnydd tir yn allweddol i'r modd y mae priddoedd Cymru wedi datblygu dros amser, a bydd yn gynyddol allweddol yn y dyfodol. Bwlch o bwys mewn gwybodaeth yw a yw hyn wedi effeithio ar swyddogaeth y pridd yn barhaol, neu wedi'i newid yn barhaol, a beth fydd cyfradd newidiadau posibl yn y dyfodol. Mae cysylltiad penodol rhwng hyn ag adeiledd pridd, storio carbon a storio dŵr. Beth fydd effaith ymyriadau fel dad-ddofi, plannu coed a storio dŵr gorlifdiroedd ar ffurfiant pridd.

DATA

- Ceir nifer o setiau data cenedlaethol (e.e. gan Arolwg Daearegol Prydain, UKCEH, Prifysgol Cranfield, Y Swyddfa Dywydd) a allai helpu i roi gwybodaeth am sut mae pridd yn cael ei ffurfio a'i gynhyrchu (e.e. Deunydd Cysefin Pridd, Natmap, Hinsawdd, Lidar, Map Priddoedd Cymru). Byddai gwell data am ddyfnder pridd yn ychwanegiad defnyddiol at reoli pridd er mwyn gallu adnabod ardaloedd posibl neu fathau o bridd sydd â phriddoedd naturiol denau neu sy'n dueddol o weld erydu ar lethrau, gan arwain at gyflwyno camau cadwraeth. Mae'n bwysig hefyd cael gwybodaeth am ddyfnder pridd er mwyn asesu hyd oes pridd pan fydd cysylltiad rhwng cynhyrchu a ffurfio pridd ar y naill law, a chyfraddau erydu posibl ar y llall.

Dyma gwestiwn pwysig: a yw'n bosibl cynyddu manylder mapio gofodol drwy ddefnyddio'r data sy'n bodoli'n barod wedi'u mapio ar fanylder o 1:50K neu uwch. Gallai hyn fod drwy ddefnyddio cydgymunedau priddoedd a chyfresi priddoedd (e.e. Map Priddoedd newydd Cymru; Llyw-Cymru 2020b). Ar gyfer priddoedd sy'n ffurfio ar ddaeareg 'gyfunol' drwy hindreulio'r creigwely, gall hyn fod

yn bosibl, ond byddai angen creu cysylltiad rhwng y cyfresi pridd a'r math o greigwely. Ar gyfer cyfraddau ffurfiant pridd a haenlino ar ddaeareg 'anghyfunol', byddai modd creu cysylltiad â'r cydgymunedau/cyfresi pridd, gan y byddai newidynnau cyflwr Jenny yn ysgogwyr allweddol. Fodd bynnag, deunydd cysefin y pridd fyddai'r sail o hyd, gan fod hwn yn rhoi'r priodweddau y bydd ffurfiant pridd yn eu newid. Mae potensial i asesu mathau tebyg o briddoedd ar wahanol ddeunyddiau cysefin. Yn y naill achos a'r llall, fodd bynnag, er mwyn datblygu mwy o fanylder gofodol, ynghyd â gwell amcangyfrifon o gyfraddau, byddai'n hollbwysig datblygu gwell cronfeydd data sy'n rhoi sylw i amrediad ehangach o greigwelyau a chyfraddau haenlino / prosesau ffurfio pridd.

CRYNODEB A'R PRIF YSTYRIAETHAU I GYMRU

- **A yw'r cyfraddau ffurfio pridd yn uwch na'r cyfraddau erydu pridd yng Nghymru (neu i'r gwrthwyneb)?**

Mae'r astudiaeth gwmpasu wedi adolygu cyfraddau cynhyrchu pridd byd-eang. Fel yn achos nifer o astudiaethau maes, caiff y data a gesglir yn aml eu cymryd o fannau lle mae'r amodau'n fwyaf addas i gynnal arbrofion a fydd yn ateb y cwestiynau penodol a ofynnir. Fodd bynnag, mae'r setiau data'n gymharol gyson o ran trefn maint, o ran yr hinsawdd a'r math o graig. Mae'r rhain wedi cael eu dadansoddi a gwnaed awgrymiadau ar gyfer priddoedd Cymru, ac ystyrir bod $0.004 - 0.193 \text{ mm yr}^{-1}$ yn briodol ar gyfer amrywiaeth o greigiau, o rai meddal i rai caled. Gellid disgwyl i'r cyfraddau lleol fod fymryn yn wahanol o ganlyniad i amrywiadau yn newidynnau cyflwr Jenny. Ac ystyried bod y rhan fwyaf o'r cyfraddau cynhyrchu pridd yn debygol o fod yn is na'r ffigur uchaf yn yr amrediad hwn, mae potensial i'r cyfraddau erydu dŵr a ganfuwyd yng Nghymru a Lloegr (Tabl 14) fod yn uwch na'r cyfraddau cynhyrchu. Gwelir hyn yn rhannol yn y gwerthoedd yn Nhabl 14 lle mae'r gwerthoedd cymedrig ar gyfer erydu yn y set ddata un drefn maint yn uwch. Fodd bynnag, o ddefnyddio trawsffurfiad $\log_e$, mae'r gwerthoedd cymedrig a droswyd yn ôl yn agosach at y gwerthoedd ffurfio, sy'n dangos dylanwad posibl cyfraddau erydu uwch yn lleol. Ar dir sy'n fwy agored i erydu (gwead siltiog, tywodlyd) ac oherwydd defnydd tir (e.e. lle ceir priddoedd moel ar lethrau am gyfnodau, neu

pan fydd troi'r tir yn achosi mwy o erydu), y consensws cyffredinol ymhlith y gymuned gwyddoniaeth pridd yw y gall y cyfraddau erydu yn aml fod drefn maint yn fwy na'r cyfraddau cynhyrchu pridd. Fodd bynnag, mae'r cyfuniad hwn o ddefnydd tir a gwead pridd yn brin yng Nghymru, gan mai dim ond ~6 % o arwynebedd Cymru sy'n cael ei ddefnyddio at ddiben amaethyddiaeth â'r. Ceir yr ardaloedd mwyaf o amaethyddiaeth â'r yn y dwyrain, lle mae'n digwydd ar lethrau, sy'n golygu y gall y cyfraddau erydu fod yn uwch na'r cyfraddau ffurfio yn y mannau hyn. Yn dra phwysig, mae glaswelltir yn gorchuddio llawer o Gymru (65%), yn enwedig ar y priddoedd clai lomaidd/clai trymach. Mae amcangyfrifon o gyfraddau erydu gan Evans et al. (2017) yng Nghymru a Lloegr yn awgrymu y gallai'r erydu ar laswelltiroedd fod tua 0.02-0.03 mm yr⁻¹ (gan dybio bod BD=1), sydd o fewn yr amrediad cynhyrchu pridd. Fodd bynnag, pan fydd erydu'n digwydd, rhaid cofio y gall hynny fod ar ffurf digwyddiad amlder isel, maint uchel. At hynny, bydd rhai ardaloedd mewn caeau yn fwy agored i erydu (e.e. canol llethrau). Gan hynny, mae posibilrwydd y gallai fod potensial i'r cyfraddau erydu fod yn uwch na'r cyfraddau ffurfio, a hynny o drefn maint neu ragor, ond gallai hyn fod yn rhywbeth lleol yn hytrach nag yn rhywbeth sy'n digwydd yn eang.

Ceir cyfres wahanol o faterion i'w hystyried yn achos mawndiroedd a phriddoedd mwynol-organig yn ardaloedd yr ucheldir. Gall erydiad mawn fod yn gyflym ac yn helaeth, pan fydd hynny'n cael ei achosi wrth i ardaloedd yr ucheldir sychu. Bydd colli carbon organig yn dibynnu ar faint y newid yn yr hinsawdd ac i ba raddau y newidir defnydd tir. Gallai'r ysgogwyr hyn effeithio ar y cydbwysedd hydrolegol, ac yn wir maent yn debygol o wneud hynny. Bydd hyn yn cael effaith ddilynol ar storio carbon a thrwch y pridd, ac ar helaethder gofodol y mathau hyn o bridd, a gallai newid natur ffurfiant y pridd a'r math o bridd yn y tymor hir.

- **Beth yw'r prif ysgogwyr, y prif ystyriaethau, a'r prif faterion i'w trafod?**

Mae'r adolygiad hwn wedi dangos sut mae amrywiaeth pridd yng Nghymru yn adlewyrchu newidynnau cyflwr Jenny. Ymhlith yr ysgogwyr allweddol penodol sy'n effeithio ar brosesau cynhyrchu a ffurfio pridd mae'r deunydd cysefin, yr hinsawdd a'r dirwedd (gweler Ffigurau 5 a 6). Mae amser yn gysonyn

cymharol yn y prosesau cynhyrchu a ffurfio pridd hyn, ac mae'n gysylltiedig â'r enciliad rhewlifol Devensaidd, tra bo'r hinsawdd a'r dirwedd yn hollbwysig wrth edrych ar gyfraniad llystyfiant a'r cyfraniad biolegol at ffurfiant pridd. Bwlch o bwys yn y wybodaeth yw rôl bioleg y pridd wrth edrych ar ffurfiant pridd, ac i ba raddau y mae newid defnydd tir yn dinistrio haenlino, ond hefyd yn lleihau'r fioleg a'r fioamrywiaeth a fodolai'n barod.

Er bod deunydd cysefin pridd yn fan cychwyn hollbwysig ar gyfer ffurfio pridd, ac er bod ei briodweddau yn pennu cyfraddau'r prosesau hindreulio a'r prosesau priddegol, a phriodweddau dilynol y pridd, hinsawdd Cymru, y dirwedd, ac yn fwy diweddar effeithiau gweithgarwch pobl sydd wedi addasu'r prosesau ffurfio pridd. Gan fod yr hinsawdd a'r dirwedd yn elfennau mor gryf wrth reoli amrywiaeth pridd Cymru, bydd rôl newid hinsawdd yn y dyfodol, ynghyd â newid defnydd tir a rheoli tir, yn ysgogwyr o bwys ar gyfer ffurfiant pridd yn y dyfodol, ac o ran cynnal a gwarchod a gwella'r cyfalaf naturiol a'r gwasanaethau ecosystemau y gall priddoedd Cymru eu darparu. Gall y gwasanaethau hyn gynnwys storio carbon a dŵr, a'r gallu i gymedroli hydrograffau nentydd i leihau llifogydd pan fydd digwyddiadau eithafol, ynghyd â chynnal a gwella bioamrywiaeth yn y pridd. Un elfen o ffurfiant pridd sy'n ymateb yn gyflym ac sy'n bwysig ym mhriddoedd Cymru yw carbon organig. Nodwedd amlwg mewn priddoedd mwynol-organig yng nghyd-destun ffurfiant pridd yw pan fydd haenlinau deunydd organig yn adeiladu at i fyny. Trafodwyd yr arferion gorau o ran opsiynau rheoli (Defra 2011) er mwyn cynnal storfeydd carbon, ac yn achos glaswelltir lled-naturiol, maent yn cynnwys (i) lleihau dwysedd stocio a phori, (ii) cyflwyno coedwig barhaol, er bod gan hynny botensial i ddylanwadu ar lefelau trwythiad; yn achos glaswelltir wedi'i wella maent yn cynnwys (i) rheoli lefelau trwythiad (ii) cyflwyno coedwig barhaol (iii) lleihau dwysedd stocio a phori a (iv) annog defnyddio deunyddiau organig.

Materion o bwys sy'n ymwneud â'r hinsawdd yw cynnal lefelau carbon organig y pridd mewn priddoedd mwynol, priddoedd mwynol-organig a mawn. Nid yn unig y mae'n hollbwysig fel storfa garbon, ond mae carbon organig yn bwysig hefyd ar gyfer adeiledd pridd. Gall amodau sychach

gynyddu cyfraddau ocsidio deunydd organig ac achosi newid ym mhriodweddau hydrolegol priddoedd mwynol-organig (gweler adran 7.2). Gall ailgoedwigo gynyddu stociau carbon ond hefyd gall ddylanwadu ar y lefelau trwythiad, gan effeithio ar gyfraddau ocsidio. Gall coedwigaeth fasnachol gynyddu cyfraddau erydu pridd.

- **A oes gwahaniaethau gofodol rhwng (e.e.) y mathau o bridd, y deunyddiau cysefin, yr hinsawdd a defnydd tir sy'n effeithio ar gyfraddau ffurfio pridd? Pa lefel o fanylder sy'n bosibl?**

Mae cyfraddau ffurfio a chynhyrchu pridd yng Nghymru yn dangos sut mae'r newidynnau cyflwr, sef y dirwedd, organebau, yr hinsawdd, deunydd cysefin ac amser yn rhyngweithio i gynhyrchu amrywiaeth unigryw o fathau o bridd. Mae'n amlwg o'r adolygiad byd-eang o'r dulliau a'r cyfraddau ffurfio y gall dŵr a thymheredd ill dau ysgogi cyfraddau cyflymach wrth edrych ar ffurfiant pridd neu brosesau pridddegol. Er enghraifft, o Dabl 18, byddai'n ymddangos bod haenlino mewn gleiau arctig yn digwydd yn gyflym, ac o adran 4.7.4.1 ceir cyfradd fyd-eang lle bydd pridd yn dyfnhau a ffelsbar yn hindreulio, a hynny'n cael ei ysgogi gan wlybaniaeth a chynhesrwydd. Yn wir, mae dosbarthiad hinsawdd Köppen yn dangos y ceir y cyfraddau cynhyrchu pridd cyflymaf yn hinsoddau Aww a Cfb (sy'n debyg i Gymru) (Ffigur 10). Er y gellir canfod gwahaniaethau byd-eang mewn cyfraddau ffurfio pridd a phrosesau pridddegol, a ellid cynnal dadansoddiad tebyg yng Nghymru a fyddai'n rhoi mwy o fanylder a gwybodaeth am ffurfiant pridd?

Fel y trafodwyd eisoes, gallai mapio gofodol gan ddefnyddio mapiau pridd, yn hytrach na mapiau o ddeunydd cysefin pridd, roi mwy o fanylder, ond a ellid ystyried y newidynnau cyflwr eraill a nodwyd (e.e. yr hinsawdd, llystyfiant neu'r dirwedd) er mwyn rhoi mwy o fanylder gan ddefnyddio mapiau cydgymunedau / cyfresi? Gellid gwneud asesiadau ansoddol (e.e. ar sail y glawiad, felly gallai proses (a) fod yn gyflymach), ond mae'r stocrestrau byd-eang a'r stocrestrau a geir yng Nghymru ar gyfer cynhyrchu pridd a haenlino yn gymharol fychan ar hyn o bryd, ac felly mae llunio tybiaethau ynghylch cyfraddau meintiol yn anodd, yn enwedig ar draws ardal gymharol fechan fel Cymru. Er enghraifft, er mwyn i bodsolau ffurfio ar ddeunydd cysefin sy'n dywodfeini a cherrig silt, mae'n hysbys bod angen

asidau organig o ymddatodiad llystyfiant mewn prosesau a gymedrolir gan y dirwedd a'r hinsawdd lleol. Wrth edrych ar bethau yn fanylach, bydd mwy o amrywiadau lleol fel safle'r llethr a safle'r lefel trwythiad yn cynyddu'r amrywiad lleol mewn haenlino a chyfraddau cynhyrchu fel y disgrifiwyd, ynghyd ag amrywiadau yn y deunydd cysefin. Dyma'r mathau o gymhlethdodau a all ddechrau ymddangos wrth edrych ar bethau mewn mwy o fanylder. Ac ystyried y gall ffurfiant proffil pridd aeddfed gymryd ~miloedd o flynyddoedd, yna mae'n ymddangos yn anodd ystyried amrywiadau bychain yn y cyfraddau ffurfio. Fodd bynnag, gyda chynnydd yn y gronfa ddata o gyfraddau ffurfio a chynhyrchu, gellid cymryd camau bychain, graddol.

- **Pa mor rhwydd y mae cymhwyso canfyddiadau ymchwil rhyngwladol neu ymchwil yn y Deyrnas Unedig i Gymru? A yw sefyllfaoedd biohinsoddol y gwledydd yn debyg?**

Mae'r cymhlethdod a hyd y cyfnodau pan fydd priddoedd yn ffurfio yn golygu nad yw mesur cyfraddau ffurfio a chynhyrchu pridd wedi denu cymaint o sylw â chyfraddau erydu pridd, lle gall yr effeithiau gweledol yn aml fod yn drawiadol ac yn rhwydd i'w harsylwi. Mae'r set ddata o asesiadau byd-eang o gyfraddau cynhyrchu pridd yn dal yn fechan o'i chymharu â'r set ddata a geir ar gyfer cyfraddau erydu pridd. Dim ond canlyniadau o 15 astudiaeth o gyfraddau cynhyrchu pridd, a hynny'n ymestyn yn ôl ~20 mlynedd, oedd wedi'u cynnwys yn ein hastudiaeth ni. Arweiniodd chwiliad drwy'r llenyddiaeth gan ddefnyddio Scopus, gyda'r gair allweddol 'soil erosion', at gyfanswm o 41,198 o ddogfennau, sy'n dangos y duedd tuag at astudiaethau o gyfraddau erydu pridd, yn hytrach na chyfraddau ffurfio pridd, yn fyd-eang. Fodd bynnag, yn y blynyddoedd diwethaf, mae'r gymuned bridd wedi datblygu dulliau newydd i asesu cyfraddau ffurfio / cynhyrchu pridd. Ar hyn o bryd, mae gan y gymuned drosolwg o'r cyfraddau, a gellir defnyddio'r rhain i wneud amcangyfrifon rhesymol o gyfraddau, ond yn bennaf ar sail trefn maint. Yng Nghymru, yr asesiadau agosaf ati yw'r astudiaethau yng Nghymru a Lloegr sy'n rhoi sylw i'r ystod a geir rhwng tywodfeini gwaddodol meddal (n=4) a gwenithfaen (n=1). Fodd bynnag, dim ond pum safle yn Lloegr yw hyn, felly mae'r set ddata'n hynod o gyfyngedig, ond mae'n rhoi sylw i ystod o greigiau, o rai caled i rai meddal iawn, a hynny mewn hinsawdd nad yw'n annhebyg i un Cymru. Fel y dangoswyd, mae'r deunydd cysefin, y llystyfiant a'r hinsawdd yn rheolyddion o bwys, a

chyfeirir at y rhain yn aml fel newidynnau profi mewn astudiaethau. Felly, ar sail 'trefn un', gellir cymhwyso'r gwerthoedd hyn i briddoedd Cymru.

- **Pa mor gynhwysfawr a chadarn yw'r dystiolaeth wrth edrych ar gyfraddau ffurfio pridd yng Nghymru? Mae hyn yn bwysig o ran cyfiawnhau unrhyw gymhellion neu gamau rheoli posibl yn y dyfodol.**

Ceir dystiolaeth gadarn ar gyfer cyfraddau ffurfio pridd ar sail 'trefn un', a hynny ar ffurf map priddoedd Cymru. Mae'r datganiad hwn yn tybio bod holl amrywiaeth pridd Cymru wedi ymddangos ers enciliad yr haen iâ rewlifol ddiwethaf (mae Amser yn un o newidynnau cyflwr Jenny), ac mae'n dangos graddau'r ffurfiant mewn ~10000 o flynyddoedd. Mae'r adolygiad byd-eang o gyfraddau ffurfio pridd wedi bwrw mwy o oleuni ar brosesau cynhyrchu pridd a phrosesau pridddegol, ac mae'r rhain wedi'u cymhwyso i Gymru (Tablau 19 a 20). Er mai prin yw'r wybodaeth a gynhyrchwyd yng Nghymru, gellir defnyddio data (e.e. cyfraddau cynhyrchu pridd o Dartmoor a Chanolbarth Lloegr) sy'n ymddangos yn gadarn, a'r rheini'n cyd-fynd â phatrymau byd eang cyfraddau cynhyrchu ar sail dosbarthiadau hinsawdd Köppen. Ceir tueddiadau amlwg o ran amser ym mhrosesau haenlino pridd (e.e. prosesau podsoleiddio yn rhanbarth y Baltig). Ar sail trefn maint, byddai'r rhain yn cyd-fynd â thirlun Cymru, ac maent yn dod o ranbarthau sydd â hinsoddau digon tebyg. Gan hynny, y ffigurau fyddai 10-100 o flynyddoedd ar gyfer dechrau adnabod haenlinau (carbon organig fyddai'r newidyn mwyaf ymatebol), a'r miloedd isel o flynyddoedd ar gyfer aeddfedrwydd y proffil. Mae angen gwneud rhagor o waith yn benodol yng Nghymru i roi sylw i faterion sy'n ymwneud â chyfiawnhad a mwy o ddilysrwydd, yn enwedig er mwyn rhoi sylw i ba bryd y bydd cyfnewidiad rhwng newid defnydd tir a chyfraddau ffurfio / cynhyrchu pridd yn dderbyniol. Fodd bynnag, byddai disgwyl i'r canlyniadau o Gymru gyd-fynd ag amrediadau'r cyfraddau a gafwyd o'r gronfa ddata fyd-eang, ac o'r astudiaethau lle roedd yr hinsawdd a deunydd cysefin y pridd yn debyg i rai Cymru.

CANOLFANNAU RHAGORIAETH

Mae'r adran hon yn rhoi gwybodaeth am yr ymchwilwyr hynny, ynghyd â'u cysylltiadau, sydd wedi bod yn gwneud gwaith ar ffurfiant pridd dros y blyneddau diweddar. Hwyl yw'r arbenigwyr cenedlaethol yn y maes hwn. Gweler Atodiad 1 am y rhestr gyfeiriadau sy'n gysylltiedig â'r tabl hwn.

	Ffurio pridd (Genesis)	Cynhyrchu pridd (Hindreulio creigiau)	Mawn
Arolwg Daearegol Prydain	Andy Tye Simon J. Kemp Russell Lawley (Model deunydd cysefin pridd)	Andy Tye Simon J. Kemp	
	Pwyslais yr ymchwil: Arolwg Daearegol Prydain sy'n gyfrifol am y model ar gyfer deunydd cysefin pridd ym Mhrydain Fawr, ac arweiniodd yr Arolwg un o'r astudiaethau cyntaf o gyfraddau cynhyrchu pridd yn y DU a seiliwyd ar radioniwclidau cosmogenig. Maent hefyd wedi bod yn rhan o ymchwil diweddar a fesurai ffurfiant pridd mewn lleoliadau â'r choetiroedd gan ddefnyddio dadansoddiadau o radioniwclidau cosmogenig. Mae Arolwg Daearegol Prydain hefyd wedi bod yn rhan o'r gwaith o brofi sensitifrwydd y broses o gynhyrchu radioniwclidau cosmogenig i newidiadau yn nwysedd swmp pridd.		
	Cyhoeddiadau (1-4, 26)		
Forest Research	Elena Vangelova		
	Pwyslais yr ymchwil: Priddoedd mewn coedwigoedd, gyda diddordeb penodol yn ffurfiant priddoedd mwynol-organig; mae astudiaethau o gronoddilyniannau wedi cael eu defnyddio yn hyn o beth.		
	Cyhoeddiadau (5-8)		
JHI	Alan Lilly Stephen James Chapman		Stephen James Chapman
	Pwyslais yr ymchwil: Hydrobedoleg		
	Cyhoeddiadau (9, 10)		
Rothamsted	Steve McGrath		
	Pwyslais yr ymchwil: Rothamsted yw cartref rhai o arbrofion amaethyddol hirdymor hynaf y byd. Yn canolbwyntio'n bennaf ar briddoedd mwynol â'r, maent yn rhoi gwybodaeth unigryw am sut mae priddoedd yn newid ac yn esblygu yn unol â gwahanol arferion rheoli.		

	Cyhoeddiadau (11, 12)		
Canolfan Ymchwil Amgylcheddol Prifysgolion yr Alban, East Kilbride, Y DU		Ángel Rodés Derek Fabel	
	Pwyslais yr ymchwil: Yng Nghanolfan Ymchwil Amgylcheddol Prifysgolion yr Alban (SUERC) y ceir un o'r unig gyfleusterau yn y DU sy'n gallu paratoi samplau ar gyfer dadansoddi radioniwclidau cosmogenig. Mae SUERC wedi bod yn rhan bwysig o'r gwaith diweddar yn y DU sydd wedi mesur cyfradd cynhyrchu pridd i lawr llethrau â'r llethrau coetiroedd. Yn ddiweddar, creodd y ganolfan y model CoSOILcal sy'n rhoi sylw i ddwysedd swmp pridd mewn dadansoddiadau o radioniwclidau cosmogenig.		
	Cyhoeddiadau		
UKCEH	Ed Rowe (M - OPRAS) David Robinson Jack Cosby (M – Magic) Laurence Jones	Jack Cosby	Chris Evans Jenny Williamson Annette Burden
	Pwyslais yr ymchwil: Mae'r ymchwil i ffurfiant pridd yn dueddol o ganolbwyntio ar rôl dynameg carbon a nitrogen yn y pridd, gan gynnwys ffurfiant mawn a phridd mwynol-organig, ond mae gwaith ar bridd mwynol hefyd yn cael ei wneud. Mae model OPRAS yn rhagfynegi croniad deunydd organig mewn priddoedd mwynol-organig a mawn. Defnyddir arbrofion hirdymor yng Nghymru i ddeall hydrobedoleg a ffurfiant pridd mwynol-organig, a sut maent yn newid wrth ymateb i newid yn yr hinsawdd. UKCEH sy'n cynnal arsyllfa Pumlumon lle mae amrywiaeth o waith ymchwil i gyfradd cynhyrchu pridd ar siâl wedi'i wneud yn y 10 mlynedd ddiwethaf fel rhan o rwydwaith y parthau tyngedfennol (SoilTrec), gan gynnwys drwy ddefnyddio cosmogeneg a dŵr.		
	Cyhoeddiadau (3, 4, 8, 13-24)		
Aberdeen			Pete Smith (M – ECOSSE)
	Pwyslais yr ymchwil: Aberdeen sy'n gyfrifol am y model ECOSSE sydd wedi'i ddefnyddio i astudio ffurfiant pridd a'r broses fiolegol o ddal a storio carbon.		
	Cyhoeddiadau (8, 10, 25)		
Cranfield	Dan Evans Jacqueline Hannam Jane Rickson	Dan Evans	
	Pwyslais yr ymchwil: Dan Evans a wnaeth y mesuriadau cyntaf yn y byd o ffurfiant priddoedd â'r sail gosmogenig, yn ogystal â chynnal yr ail astudiaeth yn unig yn y DU o ffurfiant pridd. At hynny, cymharodd y cyfraddau ffurfio hyn â chyfraddau erydu pridd mewn pedwar safle ledled y DU i gyfrifo hyd oes priddoedd. Ar ôl datblygu hyn, aeth hefyd ati i lunio un o stocrestrau mwyaf y byd		

o gyfraddau ffurfio ac erydu pridd er mwyn creu'r amcangyfrifon cyntaf a oedd yn berthnasol yn fyd-eang, ac wedi'u seilio ar dystiolaeth, o hyd oes priddoedd. Roedd Dan hefyd yn rhan o'r gwaith o greu'r model CoSOILcal, sy'n rhoi sylw i ddwysedd swmp pridd mewn dadansoddiadau o radioniwclidau cosmogenig, a bu'n arwain dadansoddiad sensitifrwydd sy'n dangos effaith defnyddio'r model hwn ar gyfraddau ffurfio pridd a gyhoeddwyd yn flaenorol. Mae ei waith diweddar wedi cynnwys astudio sut mae litholeg creigwelyau yn effeithio ar gyfraddau cynhyrchu pridd o'r creigwely, gan gyfuno dadansoddiadau o radioniwclidau cosmogenig a microsgopeg sganio electronau (SEM) i ymchwilio i sut mae dyfnder claddedig creigwelyau a matris creigwelyau yn effeithio ar gyfraddau hindreulio. Ar hyn o bryd, mae gan Dan Evans Gymrodoriaeth Ymchwil sy'n cyd-fynd â 75ed pen-blwydd Prifysgol Cranfield, ac mae'n arwain ymchwil i'r parth rhwng pridd a cherrig pwdr (creigwely wedi'i hindreulio). Nod ei ymchwil yw deall y prosesau sy'n digwydd ar y rhyngwyneb hwn, yn enwedig mewn cyd-destunau lle ceir priddoedd bas a phriddoedd sydd bron yn absennol. Bydd y ddealltwriaeth hon yn helpu i wella potensial cerrig pwdr i gefnogi swyddogaeth pridd, er mwyn cynnal darpariaeth gwasanaethau ecosystemau lleol, a mynd i'r afael â heriau amgylcheddol byd-eang. Ar hyn o bryd mae'n arwain prosiect ar ran y Global Challenges Research Fund (GCRF) ym Mrasil sy'n arloesi â'r defnydd o ddronau i ganfod a mesur cyfraddau erydu ac adeiladu at i fyny pridd a cherrig pwdr. At hynny, mae Dan yn rhan o ambell brosiect sydd wedi'u seilio mewn diwydiant ac sy'n ceisio ymchwilio i ffurfiant pridd ar briddoedd diraddedig a chreigwelyau agored, yn ogystal â thwf pridd mewn gofodau trefol. Ers dros 50 mlynedd, mae Prifysgol Cranfield wedi bod yn gweithio i wella cyfalaf naturiol a sicrhau bod systemau bwyd byd-eang yn fwy cadarn at y dyfodol. Mae'n cynnal y System Gwybodaeth Tir (LandIS), sydd wedi'i chynllunio i gadw gwybodaeth am bridd a gwybodaeth sy'n ymwneud â phridd yng Nghymru a Lloegr, gan gynnwys mapio priddoedd yn ofodol ar nifer o raddfeydd, ynghyd â data cyfatebol am briodweddau pridd a data amaeth-hinsoddol. LandIS yw'r system fwyaf o'i math yn Ewrop ac mae'n cael ei chydabod gan Lywodraeth y DU fel ffynhonnell swyddogol y wybodaeth genedlaethol am briddoedd.			
Cyhoeddiadau (1, 2, 26, 27, 39, 40)			
Durham			Fred Worrall (M – model carbon Durham)
	Pwyslais yr ymchwil: Ffuriant mawn		
	Cyhoeddiadau (8, 10, 25, 28)		
Caeredin	Simon M. Mudd	Simon M. Mudd	
	Pwyslais yr ymchwil: Mae'r ysgol geowyddoniaeth yn gwneud gwaith ymchwil eang ym maes geowyddoniaeth. Mae Simon Mudd yn benodol yn cynnal ymchwil i geomorffoleg llethrau bryniau, prosesau cludo gwaddod, hindreulio cemegol mewn priddoedd, a datblygiad priddoedd, a rhoddwyd pwyslais diweddar ar		

	forfeydd heli. Yn ddiweddar, mae Simon wedi bod yn rhan o'r gwaith o fesur cyfraddau cynhyrchu pridd mewn priddoedd â'r a phriddoedd coetiroedd yn y DU.		
	Cyhoeddiadau (2, 29-32)		
Caerhirfryn	John Quinton	John Quinton	Nick Ostle
	Jess Davies	Jess Davies	
	Pwyslais yr ymchwil: Mae'r ymchwil diweddar wedi canolbwyntio ar fesur cyfraddau cynhyrchu pridd mewn priddoedd â'r a phriddoedd coetiroedd yn y DU, gan gymharu'r rhain â chyfraddau erydu pridd. Mae'r gwaith modelu wedi ymchwilio i gylchu biogemegol yn ystod ffurfiant pridd ac erydiad pridd.		
	Cyhoeddiadau (2, 21, 39)		
Leeds	Steve Banwart	Steve Banwart	
	Pwyslais yr ymchwil: Arweiniodd Steve Banwart brosiect arsyllfa parthau tyngedfennol yr UE (SoilTrEC) ar ffurfiant pridd, ac mae hefyd yn gweithio ar gylchu biogemegol a hindreulio geogemegol. Mae carbon pridd yn rhan bwysig o'r portffolio ymchwil, ynghyd â'r rhyngweithio rhwng gwreiddiau, mycorhisa a mwynau yn y cylch hindreulio.		
	Cyhoeddiadau (20, 33, 34)		
Newcastle	David Manning		
	Pwyslais yr ymchwil: Mae gan yr Ysgol Gwyddorau Naturiol ac Amgylcheddol yn Newcastle ystod o arbenigeddau. Mae ymchwil David Manning yn canolbwyntio ar sut mae priddoedd a'u mwynau yn rhyngweithio â'r biosffer mewn dau gyd-destun: 1) dal carbon (drwy ddyodiad carbonad neu ychwanegiad bio-olog), a 2) cyflenwad maetholion planhigion (ac yn enwedig ffynonellau newydd o K). Y cyntaf o'r rhain sy'n cynnwys gwaith ar ffurfiant pridd, yn enwedig priddoedd carbon anorganig a phriddoedd trefol.		
	Cyhoeddiadau (35, 36)		
Reading			Jo Clarke
	Pwyslais yr ymchwil: Mae gan y ganolfan ymchwil pridd yn Reading ystod o arbenigeddau yn y maes pridd. Mae'n arbenigo'n enwedig mewn datblygiad a chyfraddau ffurfio mawn.		
	Cyhoeddiadau (8, 21, 37)		
Efrog			Andreas Heinemeyer (M – Millennia)
	Pwyslais yr ymchwil: Mae gan brifysgol Efrog ystod o arbenigeddau yn y maes pridd. O ran ffurfiant pridd, mae wedi datblygu'r model Millennia sy'n cael ei ddefnyddio i asesu datblygiad mawn.		
	Cyhoeddiadau (8, 38)		

OPSIYNAU I DDATBLYGU GWYBODAETH AM FFURFIANT PRIDD YNG NGHYMRU

Gan weithio tuag at ddatblygu gwybodaeth ofodol am ffurfiant pridd yng Nghymru, mae'n bosibl y gellid cynhyrchu gwahanol lefelau o wybodaeth. Byddai'r cyfan yn defnyddio gwybodaeth a gasglwyd mewn tasgau blaenorol, gyda'r nod o gynhyrchu set ddata genedlaethol am ffurfiant pridd, a byddai modd defnyddio honno gyda data sy'n cyd-fynd am erydu er mwyn mynd ati'n ddiweddarach i gyfrifo'r cyfraddau colli pridd net a hyd oes priddoedd.

Opsiwn 1: Dull wedi'i seilio ar fapio'r dystiolaeth bresennol (Opsiwn cost isel)

Gan ddefnyddio gwybodaeth o Arolwg Daearegol Prydain am ddeunydd cysefin (1km) a NatMap y System Gwybodaeth Tir, byddai modd canfod hyd a lled gofodol cyfraddau cynhyrchu / ffurfio pridd ar wahanol fathau o ddeunyddiau cysefin. Byddai hyn wedi'i seilio ar y mathau o ddeunyddiau cysefin a drafodir yn yr adolygiad hwn, ac ar y manylder ychwanegol a geir yn NatMap. Gellid priodoli cyfraddau ffurfio pridd (e.e. Tablau 19 a 20) a'r amcangyfrifon ar gyfer datblygiad y proffil llawn neu ddatblygiad haenlinau penodol i bolygonau o'r deunydd cysefin. At hynny, gellid rhoi haenau neu elfennau GIS penodol i nodweddion haenlinau sydd o fudd i gymdeithas (e.e. storio carbon). Gellid ychwanegu rhagor o wybodaeth am gyfraddau cynhyrchu / ffurfio pridd ar sail matrices o newidynnau ychwanegol a grybwyllir fel rhai pwysig yn yr adolygiad hwn, gan gynnwys caledwch daearegol, trwch y pridd (y dyfnder i ben y graig), y dirwedd a'r hinsawdd, er mwyn dangos a fyddai'r gyfradd ddisgwyliedig yn uwch ynteu'n is na'r gyfradd a briodolwyd. Ffactor o bwys fyddai'r angen i gynnull y bobl iawn i asesu cyfraddau ffurfio pridd o'r sylfaen dystiolaeth.

Y gost a'r amserlen:

Gellid gwneud hyn yn gymharol gyflym, gan y byddai'r setiau data y mae eu hangen ar gael (deunydd cysefin (1km), NatMap, yr hinsawdd, y dirwedd a'r gorchudd tir). Gallai fod angen trwyddedu rhai os nad ydynt ar gael, fel set ddata Arolwg Daearegol Prydain am y Dyfnder i Ben y Graig, a phe ystyrid bod

eu defnyddio'n hanfodol a bod modd cyfiawnhau eu cost. Byddai disgwyl i brosiect o'r fath gostio ~£30000 - £40000 a gellid ei gyflawni mewn ~6 mis.

Allbynnau

Cyfres o haenau GIS yn dangos cyfraddau ffurfio cymharol y pridd fel system goleuadau traffig:

Coch – Ffuriant y pridd yn isel o'i gymharu â'r hyn sy'n ddisgwyliedig o ran deunydd cysefin y pridd

Oren – Ffuriant y pridd yn debyg i'r cyfartaledd o'i gymharu â'r hyn sy'n ddisgwyliedig o ran deunydd cysefin y pridd

Gwyrdd – Ffuriant y pridd yn uwch na'r hyn sy'n ddisgwyliedig o ran deunydd cysefin y pridd

Opsiwn 2: Dull wedi'i seilio ar gyfrifo màs cytbwys (Opsiwn cost canolog):

Byddai opsiwn 2 drachefn wedi'i seilio ar ddull GIS. Gan ddatblygu ar yr opsiwn cost isel, byddai asesiadau syml o fàs cytbwys a hyd oes (Robinson et al. 2017), wedi'u seilio ar y cyfraddau ffurfio pridd perthnasol, yn cael eu gwneud yng Nghymru. Gallai'r wybodaeth am erydiad pridd ddeillio o ddefnyddio'r 'Hafaliad Colli Pridd Cyffredinol' neu fodelau tebyg ar gyfer erydiad pridd. Byddai nifer y mathau o ddeunydd cysefin pridd yn cael ei ehangu i'r 10 - 15 o brif ddeunyddiau cysefin pridd a geir ym Map Deunydd Cysefin Pridd Arolwg Daearegol Prydain (gan ddefnyddio'r fersiwn 1 km). Byddai cymariaethau'n cael eu gwneud â map pridd Natmap y System Gwybodaeth Pridd. Byddai cyfraddau ffurfio'n cael eu neilltuo gan ddefnyddio methodoleg debyg i Opsiwn 1. Bydd gan wahanol litholegau wahanol gyfraddau erydu ar sail ffactorau ychwanegol fel dyfnder y pridd a hinsawdd, gan olygu bod modd creu map màs cytbwys +/- (ffurfiant-erydiad) ar gyfer Cymru. Yr hyn sy'n atyniadol am gyfuno dull sy'n edrych ar ffurfiant ac erydiad yw y gellid cyflwyno modelau erydiad sydd wedi'u seilio ar senarios defnydd tir a newid hinsawdd. Byddai rhywfaint o asesiad yn cael ei gynnwys o rôl erydiad yng nghyd-destun haenlino pridd.

Y gost a'r amserlen:

Gellid gwneud hyn yn gymharol gyflym, gan y byddai'r setiau data y mae eu hangen ar gael (deunydd cysefin (1km), NatMap, yr hinsawdd, y dirwedd, gorchudd tir, lidar, gwead pridd, dyodiad a gorchudd tir). Gallai fod angen trwyddedu rhai os nad ydynt ar gael, fel set ddata Arolwg Daearegol Prydain am y Dyfnder i Ben y Graig, a phe ystyrid bod eu defnyddio'n hanfodol a bod modd cyfiawnhau eu cost. Gellid gwneud hyn mewn ~6 mis a byddai'n costio ~£50 000 - 60 000

Opsiwn 3: Dull wedi'i seilio ar ymgyrch fesur newydd (Opsiwn cost uchel)

Byddai'r dull hwn yn dilyn yr un dull ag Opsiwn 2 ond byddai'n cynnwys asesiadau penodol yng Nghymru o gyfraddau ffurfio a chynhyrchu pridd. Gallai hyn gynnwys amcangyfrifon mesuredig o ffurfiant pridd fel y rheini a geir drwy fesur radioniwclidau cosmogenig mewn deunydd cysefin pridd sy'n cynnwys cwarts, y defnydd o ^{10}Be meteorig ar gyfer amseroedd preswyllo pridd mewn priddoedd anghyfunol a phriddoedd mwynol-organig, a dyddio ^{14}C ar gyfer mawn a phriddoedd mwynol-organig er mwyn asesu oedran yr haenlin sy'n llawn deunydd organig.

Wrth gwrs, mae cost derfynol yr opsiwn cost uchel yn dibynnu ar nifer y safleoedd a gaiff eu samplo. Yn y broses gostio hon ar gyfer gwaith maes ar ffurfiant pridd yng Nghymru, byddem yn dewis ardaloedd lle ceir dyodiad uchel ac isel, ynghyd â'r prif fathau o ddeunyddiau cysefin pridd er mwyn rhoi sylw i gynifer o'r amrywiadau a geir yng Nghymru â phosibl, ond byddai hynny'n dal i fod yn rhan o raglen samplo resymol, er mwyn gallu trosi'r canlyniadau'n ddadansoddiadau GIS.

Mae Tabl 21 yn dangos rhaglen samplo bosibl o ran niferoedd. Y bwriad fyddai samplo 2 safle ar gyfer cynhyrchu pridd gan edrych ar fathau o ddeunydd cysefin cyfunol. Byddai pedwar safle ac ynddynt ddeunyddiau cysefin anghyfunol hefyd yn cael eu defnyddio i gasglu 4 sampl i lawr llethr, gan roi sylw i wahaniaethau posibl mewn dyfnder. At hynny, byddai carbon organig mawn a phriddoedd mwynol-organig yn cael eu samplo bedair gwaith. Mae'n debygol y byddai'r methodolegau'n gofyn am gynnal

2 ddadansoddiad o bob sampl a gymerir. Byddai carbon organig mewn priddoedd mwynol-organig a mawn gorgorsydd yn cael eu samplo i asesu cyfradd y carbon organig sy'n cronni.

Tabl 21: Manylion y dadansoddiadau y byddai eu hangen dan yr opsiwn cost uchel

Deunydd	Dull	Dyodiad		Nifer y samplau ar lethr	Deunydd cysefin	Cyfanswm nifer y samplau ym mhob safle	Nifer y safleoedd	Cyfanswm y samplau	Cost y sampl	Costau'r dadansoddiad
Cyfunol	Cosmos	Uchel	Isel	4	Tywodfaen	8	2	16	£2000 yn cynnwys TAW	£32000
	Cosmos	Uchel	Isel	4	Gwenithfaen	8	2	16	£2000 yn cynnwys TAW	£32000
	Meteorig ¹⁰ Be	Uchel	Isel	4	Siâl	8	4	16	£1500	£24000
Anghyfunol	Meteorig ¹⁰ Be	Uchel	Isel	4	Til	8	4	16	£1500	£24000
	Meteorig ¹⁰ Be	Uchel	Isel	4	Mwynol-organig	8	4	16	£1500	£24000
Mawn	¹⁴ C	Uchel	Uchel	4	Mawn	8	4	36	£350	£12600
Mwynol-organig	¹⁴ C	Isel	Isel	4	amrywiol	8	4	36	£350	£12600
Cyfansymiau							24	152		£161, 200

Mae amryw o gostau eraill yn gysylltiedig â'r dadansoddiadau

Y gost a'r amserlen:

Byddai'r gwaith hwn yn cymryd hwy oherwydd yr angen i gynllunio a chynnal y rhaglen yn y maes. Er mwyn casglu'r samplau a'u dadansoddi, a'u cyfuno â galluogrwydd GIS Opsiwn 2, byddai'r gost tua £250000 a byddai'n cymryd blwyddyn i 18 mis i gyflawni'r gwaith (yn dibynnu ar gyflymder y dadansoddi mewn cyfleusterau arbenigol).

ATODIAD 1: CYFEIRIADAU

Aaby, B. and Tauber, H. 1975. Rates of peat formation in relation to degree of humification and local environment, as shown by studies of a raised bog in Denmark. *Boreas*, 4(1), pp.1-17.

Adams, W.A. and Raza, M.A. 1978. The significance of truncation in the evolution of slope soils in mid-Wales. *Journal of Soil Science*, 29(2), pp.243-257.

ADAS 2020a. Soil Policy Evidence Programme SPEP2018-19/12: ALC Technical Review (Part 1)

ADAS 2020b. An assessment of the impact of tree planting on Welsh organo-mineral soils (SPEP 2019 – 20 / 02)

Aitken, M. J. 1998. An Introduction to Optical Dating. The Dating of Quaternary Sediments by the use of Photon-Stimulated Luminescence. 267 pp. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press.

Alexandrovskiy, A.L. 2007. Rates of soil-forming processes in three main models of pedogenesis. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 24, 283-292.

Anderson, D.E., 2002. Carbon accumulation and C/N ratios of peat bogs in North-West Scotland. *Scottish Geographical Journal*, 118(4), 323-341.

Avery, B.W. 1973. Soil classification of England and Wales. *Journal of Soil Science*, 24, 324-338.

Avery, B.W. 1980. Soil classification of England and Wales (higher categories). Soil Survey Technical Monograph No. 14. Harpenden.

Bain, D.C., Mellor, A., Robertson-Rintoul, M.S.E., Buckland, S.T. 1993. Variations in weathering processes and rates with time in a chronosequence of soils from Glen Feshie, Scotland. *Geoderma*, 57, 275-293.

Balco, G., Stone, J. O., Lifton, N. A. and Dunai, T. J. 2008. A complete and easily accessible means of calculating surface exposure ages or erosion rates from ¹⁰Be and ²⁶Al measurements, *Quaternary Geochronology*, 3, pp. 174-195.

Barrett, L.R., Schaetzl, R.J. 1998. Regressive pedogenesis following a century of deforestation: Evidence for depodzolization. *Soil Science*, 163, 482-497.

Belyea, L.R., Clymo, R.S. 2001. Feedback Control of the Rate of Peat Formation Author(s): Proceedings: Biological Sciences, 268, No. 1473, pp. 1315-1321.

Beier, C., Emmett, B., Gundersen, P., Tietema, A., Penuelas, J., Estiarte, M., Gordon, C., Gorissen, A., Llorens, L., Roda, F. and Williams, D., 2004. Novel approaches to study climate change effects on terrestrial ecosystems in the field: drought and passive night time warming. *Ecosystems*, 7(6), 583-597.

Bell, J., 2005. The soil hydrology of the Plynlimon catchments. Centre for Ecology and Hydrology.

Benito, G., Macklin, M., Panin, A. et al. 2015. Recurring flood distribution patterns related to short-term Holocene climatic variability. *Sci Rep* 5, 16398. <https://doi.org/10.1038/srep16398>

Blum, W.E.H. Functions of Soil for Society and the Environment. *Rev Environ Sci Biotechnol* 4, 75–79 (2005). <https://doi.org/10.1007/s11157-005-2236-x>

- Bol, R., Blackwell, M., Emmett, B., Reynolds, B., Hall, J., Bhogal, A., Ritz, K. 2011. Assessment of the response of organo-mineral soils to change in management practices. In: Sub-Project ii of Defra Project SP1106: Soil carbon: studies to explore greenhouse gas emissions and mitigation
- Boschi, V., Willenbring, J.K., 2016. The effect of pH, organic ligand chemistry and mineralogy on the sorption of beryllium over time. *Environ. Chem.* <http://dx.doi.org/10.1071/EN15107>.
- Bot, A., Nachtergaele, F., Young, A. 2000. Land resource potential and constraints at regional and country levels. Food & Agriculture Org., 2000.
- Bradley, R.I., Milne, R., Bell, J., Lilly, A., Jordan, C., Higgins, A. 2005. A soil carbon land use database for the United Kingdom. *Soil Use and management*, 21, 363-369.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Bridgland, D., 2000. River terrace systems in north-west Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation. *Quaternary Science Reviews*, 19(13), 1293-1303.
- Brimhall, G.H., Dietrich, W.E. 1987. Constitutive Mass Balance Relations between Chemical Composition, Volume, Density, Porosity, and Strain in Metasomatic Hydrochemical Systems: Results on Weathering and Pedogenesis. *Geochimica Cosmochimica Acta*, Vol. 51, No. 3, pp. 561-581.
- Bunce, R.G.H., Barr, C.J., Gillespie, M.K. and Howard, D.C., 1996. The ITE Land Classification: providing an environmental stratification of Great Britain. *Environmental monitoring and assessment*, 39(1-3), pp.39-46.
- Bunemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z. G., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., et al. 2018. Soil quality-a critical review. *Soil Biol. Biochem.* 120, 105–125. doi: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030
- Butler, B.E. 1982. A new system for soil studies. *Journal of Soil Science* 1982, 33, 5 8 1-595
- Cagnarini, C., Blyth, E., Emmett, B.A., Evans, C.D., Griffiths, R.I., Keith, A., Jones, L., Lebron, I., McNamara, N.P., Puissant, J. and Reinsch, S., 2019. Zones of influence for soil organic matter dynamics: A conceptual framework for data and models. *Global change biology*, 25(12), pp.3996-4007.
- Chambers, F.M., 1982. Two radiocarbon-dated pollen diagrams from high-altitude blanket peats in South Wales. *The Journal of Ecology*, pp.445-459.
- Charman, D. 2002. *Peatlands and environmental change*. Wiley, Chichester
- Chiverrell, R.C., Harvey, A.M., Foster, G.C. 2007. Hillslope gullying in the Solway Firth - Morecambe Bay region, Great Britain: Responses to human impact and/or climatic deterioration? *Geomorphology*, 84, 317-343.
- Clayden, B., Hollis, J.M. 1984. Criteria for differentiating soil series. *Soil Survey Technical Monograph No. 17*, Harpenden.
- Cornu, S., Montagne, D., Vasconcelos, P.M. 2009. Dating constituent formation in soils to determine rates of soil processes: A review. *Geoderma*, 293-303.
- Craft 2015. *Creating and Restoring Wetlands: From Theory to Practice*. Elsevier

Crompton, E. 1960. The significance of the weathering/leaching ratio in the differentiation of major soil groups with reference to some very strongly leached brown earths on the hills of Britain. *Trans. 7th int. Cong. Soil Sci*, 4, 406-12.

Darmody, R.G., Allen, C.E., Thorn, C.E. 2005. Soil Topochronosequences at Storbreen, Jutulheimen, Norway. *Soil Science Society America Journal*, 69, 1275-1287.

deB. Richter, D., Yaalon, D.H. 2012. The changing model of soil revisited. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 76, 766-778.

DEFRA, 2002. Development of a database of agricultural drainage. DEFRA project ES0111.

DEFRA, 2007. Vulnerability of organic soils in England and Wales: Final technical report to DEFRA and Countryside Council for Wales, DEFRA Project SP0532.

Defra, 2011. Developing a cost-effective framework for monitoring soil erosion in England and Wales. DEFRA project SP1303

Dere A.L. 2014. Shale weathering across a latitudinal climosequence. PhD thesis Penn State University. <https://etda.libraries.psu.edu/catalog/22514>

Dere Ashlee L., Timothy S. White, Richard April, and Susan L. Brantley 2016. Mineralogical transformations and soil development in shale across a latitudinal climosequence. *Soil Science Society of America*, 80, 623–636

Dixon, J. I., Heimsath, A. M. and Amundson, R. 2009. The critical role of climate and saprolite weathering in landscape evolution, *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 1507-1521.

Dixon, J.L., von Blanckenburg, F. 2012. Soils as pacemakers and limiters of global silicate weathering. *C.R. Science*, 344, 597-609.

Domínguez, M.T., Sowerby, A., Smith, A.R., Robinson, D.A., Van Baarsel, S., Mills, R.T., Marshall, M.R., Koller, E., Lebron, I., Hall, J. and Emmett, B.A., 2015. Sustained impact of drought on wet shrublands mediated by soil physical changes. *Biogeochemistry*, 122(2), 151-163.

Dominguez, M.T., Smith, A.R., Reinsch, S. and Emmett, B.A., 2017. Inter-annual variability of soil respiration in wet shrublands: Do plants modulate its sensitivity to climate? *Ecosystems*, 20(4), 796-812.

Dosseto, A., Bourdon, B., Gaillardet, J., Allegre, C. J. and Filizola, N. (2006) 'Time scale and conditions of weathering under tropical climate: Study of the Amazon basin with U-series', *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70(1), 71-89.

Dosseto, A., Buss, H. and Suresh, P. O. 2011. The delicate balance between soil production and erosion, and its role on landscape evolution, *Applied Geochemistry*, 26, doi: [10.1016/j.apgeochem.2011.03.020](https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.03.020)

Droogers, P. and Bouma, J. 1997. Soil survey input in exploratory modeling of sustainable soil management practices. *Soil Science Society of America Journal*, 61(6), 1704-1710.

Du, P., Walling, D. 2012. Using ²¹⁰Pb measurements to estimate sedimentation rates on river floodplains. *Journal of Environmental Radioactivity*, 103(1), 59-75.

Dudal, R., F. Nachtergaele, and M. F. Purnell. 2002. The human factor of soil formation. In: 17th World Congress of Soil Science, CD-ROM, paper 93. Intern. Union Soil Sci., Bangkok, Thailand

Dunne, J., Elmore, D. and Muzikar, P. (1999) Scaling factors for the rates of production of cosmogenic nuclides for geometric shielding and attenuation at depth on sloped surfaces, *Geomorphology*, 27, pp. 3-11.

Egli, M., Fitze, P., Mirabella, A. 2001. Weathering and evolution of soils formed on granitic, glacial deposits: results from chronosequences of Swiss alpine environments. *Catena*, 45, 19-47.

Egli, M., Dahms, D. and Norton, K. (2014) Soil formation rates on silicate parent material in alpine environments: Different approaches- different results?, *Geoderma*, 213, 320-333.

Ellis, C.J. and Tallis, J.H., 2001. Climatic control of peat erosion in a North Wales blanket mire. *New Phytologist*, 313-324.

Emmet, B.A. & the GMEP Team. 2015. Glastir Monitoring and Evaluation programme. Final Report to Welsh Government (Contract ref: C147/2010/11. NERC/Centre of Ecology and Hydrology (CEH Project: NEC04780/NEC05371/NEC05782).

Emmett, B.A. et al. (2019) ERAMMP Report 11: Year 1 Summary. Report to Welsh Government (Contract C210/2016/2017)(CEH NEC06297)

Evans, C.D., Williamson, J.M., Kacaribu, F., Irawan, D., Suardiwerianto, Y, Fikky Hidayat, M., Laurén, A., Page, S.E. 2019. Rates and spatial variability of peat subsidence in Acacia plantation and forest landscapes in Sumatra, Indonesia. *Geoderma*, 338, 410-421

Evans, C., Rawlins, B., Grebby, S., Scholefield, P., Jones, P. (2015) Glastir Monitoring & Evaluation Programme. Mapping the extent and condition of Welsh peat. Welsh Government (Contract reference: C147/2010/11). NERC/Centre for Ecology & Hydrology (CEH Project: NEC04780).

Evans, D. L., Quinton, J. N., Tye, A. M., Rodés, Á., Davies, J. A. C., Mudd, S. M. and Quine, T. (2019) Arable soil formation and erosion: a hillslope-based cosmogenic-nuclide study in the United Kingdom, *SOIL*, 5, pp. 253-263.

Evans, D.L. 2020. New Insights into the rates of soil formation and their contribution to our understanding of soil lifespans. PhD Thesis. Lancaster University. Available at: [http://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/new-insights-into-the-rates-of-soil-formation-and-their-contribution-to-our-understanding-of-soil-lifespans\(fd2456ce-c4e1-4145-a676-7b3ac8bdd44e\).html](http://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/new-insights-into-the-rates-of-soil-formation-and-their-contribution-to-our-understanding-of-soil-lifespans(fd2456ce-c4e1-4145-a676-7b3ac8bdd44e).html)

Evans, D., Rodés, Á., Tye, A. 2021. The sensitivity of cosmogenic radionuclide analysis to soil bulk density: Implications for soil formation rates. *European Journal of Soil Science* **72**, 174-182.

Evans, D. L., Quinton, J. N., Tye, A. M., Rodés, Á., Rushton, J. C., Davies, J. A. C. and Mudd, S. M. 2021. The matrix effect: how the composition and petrographic structure of sandstone affects rates of soil formation and the implications for soil sustainability, *Geoderma*, 401, 115337.

Evans, R. 1990. Soils at risk of accelerated erosion in England and Wales. *Soil Use Manage.* 6, 125– 131.

- Evans, R. 2002. An alternative way to assess water erosion of cultivated land – field-based measurements and analysis of some results. *Applied Geography*, 22, 187-208
- Evans, R., Collins, A.L., Zhang, Y., Fioster, I.D.L., Boardman, J., Sint, H., Lee, M.R.F., Griffith, B.A. 2017. A comparison of conventional and ¹³⁷Cs based estimates of soil erosion rates on arable and grassland across lowland England and Wales. *Earth Science Reviews*, 173, 49-64.
- Forrest, G.I., Smith, R.A.H. 1975. The productivity of a range of blanket bog types in the northern Pennines. *J Ecol* 63:173–202
- George, P.B., L, Lallias, D., Creer, S., Seaton, F.M., Kenny, J.G., Eccles, R.M., Griffiths, R.I., Lebron, I., Emmett, B.A., Robinson, D.A., Jones, D.L. 2019. Divergent national-scale trends of microbial and animal biodiversity revealed across diverse temperate soil ecosystem. *Nature Communications*, 10, 1107
- Graves, A.R., Morris, J., Deeks, L.K., Rickson, R.J., Kibblewhite, M.G., Harris, J.A., Farewell, T.S., Truckle, I. 2015. The total costs of soil degradation in England and Wales. *Ecological Economics*, 119, 399-413.
- Green E.G., Dietrich W.E., Banfield J.F. 2006. Quantification of chemical weathering rates across an actively eroding hillslope. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 242, 155-169
- Gov.Wales. 2020: Capability, Suitability & Climate Programme Volume 3 - Predictive ALC Map of Wales v2. <https://gov.wales/sites/default/files/publications/2020-06/agricultural-land-classification-predictive-map-guidance.pdf>
- Gov.Wales, 2020b: Capability, Suitability & Climate Programme Volume 2 – Soils of Wales – series map. <https://gov.wales/sites/default/files/publications/2020-12/soils-of-wales-map.pdf>
- Great Fen. 2021. <https://www.greatfen.org.uk/about-great-fen/heritage/holme-fen-posts>
- Hallett, S.H., Sakrabani, R., Keay, C.A. and Hannam, J.A. 2017. Developments in Land Information Systems: Case studies in land resource management capabilities and options. *Soil Use and Management*. 33(4), December 2017, 514-529. <https://doi.org/10.1111/sum.12380>.
- Harrison, S., Bailey, R.M., Anderson, E., Arnold, L., Douglas, T., 2010. Optical Dates from British Isles Solifluction Sheets Suggests Rapid Landscape Response to Late Pleistocene Climate Change. *Scottish Geographical Journal*, 126(2), 101-111.
- Heimsath, A. M., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K. and Finkel, R. C. 1997. The Soil Production Function and Landscape Equilibrium', *Nature*, 388, 358-361.
- Heimsath, A. M., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K. and Finkel, R. C. 1999. Cosmogenic nuclides, topography and the spatial variation of soil depth, *Geomorphology*, 27, 151-171.
- Heimsath, A. M., Chappell, J., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K. and Finkel, R. C. 2000. Soil production on a retreating escarpment in south-eastern Australia, *Geology*, 28(3), 787-790.
- Heimsath, A. M., Chappell, J., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K. and Finkel, R. C. 2001a. Late Quaternary erosion in south-eastern Australia: a field example using cosmogenic nuclides, *Quaternary International*, 83, 169-185.
- Heimsath, A. M., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K. and Finkel, R. C. 2001b. Stochastic processes of soil production and transport: erosion rates, topographic variation and cosmogenic nuclides in the Oregon Coast Range, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 531-532.

Heimsath, A. M., Furbish, D. J. and Dietrich, W. E. 2005. The illusion of diffusion: field evidence for depth-dependent sediment transport, *Geology*, 33(12), 949-952.

Heimsath, A. M., DiBiase, R. A. and Whipple, K. X. 2012. Soil production limits and the transition to bedrock-dominated landscapes, *Nature Geoscience*, 5(3), 210-214.

Herrmann, D.L., Schifman, L.A., Shuster, W.D. 2018. Widespread loss on intermediate soil horizons in urban landscapes. *PNAS*, 115, 6751-6755.

Hooke, R.L., 2000. On the history of humans as geomorphic agents. *Geology* 28, 843–846.

<https://naturalresources.wales/about-us/our-projects/nature-projects/new-life-for-welsh-raised-bogs/?lang=en>

Hudson, J.A., 1988. The contribution of soil moisture storage to the water balances of upland forested and grassland catchments. *Hydrological sciences journal*, 33(3), 289-309.

Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. Dover Publications, New York, 281 p.

Jenny, H. 1980. *The soil resource: Origin and behaviour*. Ecological Studies Vol. 37, Springer-Verlag.

Jones, M.L.M., Sowerby, A., Williams, D.L. and Jones, R.E., 2008. Factors controlling soil development in sand dunes: evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant and Soil*, 307(1), 219-234.

Jones and Thomasson 1985. *An Agroclimatic databank for England and Wales – Soil Survey Technical Monograph No16*.

Kurganova, I., Merino, A., Lopes de Gerenyu, V., Barros, N., Kalinina, O., Giani, L., Kuzyakov, Y. 2019. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems. *Geoderma*, 354, 113882.

Labaz, B., Kabala, C. 2016. Human-induced development of mollic and umbric horizons in drained and farmed swampy alluvial soils. *Catena*, 139, 117-126.

Lal, D. 1991. Cosmic ray labelling of erosion surfaces: in situ nuclide production rates and erosion models, *Earth and Planetary Science Letters*, 104, 424-439.

Lawley, R. 2014 *User guide: soil parent material 1 kilometre dataset*. Nottingham, UK, British Geological Survey, 15pp. (OR/14/025) (Unpublished)

Lindsay R, Birnie R, Clough J (2014) Peatbog Ecosystems: Key Definitions IUCN UK Committee Peatland Programme briefing note No.1. Retrieved from: <https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/default/files/2019-07/1%20Definitions%20final%20-%205th%20November%202014.pdf>

Lundström, U.S., van Breemen, N. and Bain, D., 2000. The podzolization process. A review. *Geoderma*, 94(2-4), 91-107.

Maejima, Y., Matsuzaki, H., Higashi, T. 2005. Application of cosmogenic ^{10}Be to dating soils on the raised coral reef terraces of Kikai Island, southwest Japan. *Geoderma* 126, 389–399.

MAFF. 1988. Agricultural Land Classification of England and Wales: Revised guidelines and criteria for grading the quality of agricultural land.

McMillan, A.A., Hamblin, R.J.O., Merritt, J.W. 2011. A lithostratigraphical framework for onshore Quaternary and Neogene (Tertiary) superficial deposits of Great Britain and the Isle of Man. British Geological Survey Research Report, RR/10/03, 343pp.

MEA, 2005. Millennium ecosystem assessment. Washington, DC: New Island, 13, p.520.

Met Office. 2016.

https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/weather/learn-about/uk-past-events/regional-climates/wales_-_climate---met-office.pdf

Mitsch and Gosselink 2000. *Wetlands* 3rd edition

Mokma, D.L., Yli-Halla, M., Lindqvist. 2004. Podzol formation in sandy soils of Finland. *Geoderma*, 120, 259-272.

Montagne, D, Cornu, S., Le Forestier, L., Hardy, M., Josière, O., Caner, L., Cousin, I. 2008. Impact of drainage on soil-forming mechanisms in a French Albeluvisol: Input of mineralogical data in mass-balance modelling. *Geoderma* 145, 426-438

Morton, D., Rowland, C., Wood, C., Meek, L., Marston, C., Smith, G., Wadsworth, R. and Simpson, I., 2011. Final report for LCM2007-the new UK land cover map. Countryside survey technical report no 11/07.

Natural Resources Wales, 2021. <https://naturalresources.wales/about-us/our-projects/nature-projects/new-life-for-welsh-raised-bogs/?lang=en>

ONS 2016, UK Natural Capital: Experimental carbon stock accounts, preliminary estimates. <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/uknaturalcapital/experimentalcarbonstockaccountspreliminaryestimates>

ONS, 2017. UK natural capital: ecosystem accounts for freshwater, farmland and woodland. <https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/bulletins/uknaturalcapital/landandhabitatcosystemaccounts>

Owen, J. J., Amundson, R., Dietrich, W. E., Nishiizumi, K., Sutter, B. and Chong, G. 2011. The sensitivity of hillslope bedrock erosion to precipitation, *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(1), 117-135.

Owens, P.N., Walling, D.E., Leeks, G.J., 1999. Use of floodplain sediment cores to investigate recent historical changes in overbank sedimentation rates and sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK. *CATENA*, 36(1), 21-47.

Owens, P.N., Walling, D.E., 2002. Changes in sediment sources and floodplain deposition rates in the catchment of the River Tweed, Scotland, over the last 100 years: the impact of climate and land use change. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(4), 403-423.

Parry, SA, Hodson, ME, Kemp, S & Oelkers, EH 2015. The surface area and reactivity of granitic soils: I. Dissolution rates of primary minerals as a function of depth and age deduced from field observations, *Geoderma*, vol. 237-238, 21-35.

Phillips, J. D. 2005. Weathering instability and landscape evolution, *Geomorphology*, 67, 255-272.

Piotrowska, N., Blaauw, M., Mauquoy, D. and Chambers, F.M., 2011. Constructing deposition chronologies for peat deposits using radiocarbon dating. *Mires and Peat*, 7(10), 1-14.

Portenga, E. W. and Bierman, P. R. 2011. Understanding Earth's eroding surface with ^{10}Be , *GSA Today*, 21(8), pp. 4-10.

Preece, R.C., Bridgland, D.R., 1999. Holywell Coombe, Folkestone: A 13,000 year history of an English Chalkland Valley. *Quaternary Science Reviews*, 18(8-9), 1075-1125.

Ramsey, C. 2008. Deposition models for chronological records. *Quaternary Science Reviews* 27,42-60.

Razauskaite, R., Vanguelova, E., Cornulier, T., Smith, P., Randle, T. and Smith, J.U., 2020. A New Approach Using Modeling to Interpret Measured Changes in Soil Organic Carbon in Forests: The Case of a 200 Year Pine Chronosequence on a Podzolic Soil in Scotland. *Frontiers in Environmental Science*.

Reynolds, B., Chamberlain, P. M., Poskitt, J., Woods, C., Scott, W. A., Rowe, E. C., Robinson, D. A., Frogbrook, Z. L., Keith, A. M., Henrys, P. A., & Black, H. I. J. 2013. Countryside Survey: National Soil Change 1978-2007 for Topsoils in Great Britain—acidity, carbon, and total nitrogen status. *Vadose Zone Journal*, 12(2), 1- 15.

Richter, D.D., and D. Markewitz, 2001. Understanding Soil Change: Soil Sustainability over Millennia, Centuries, and Decades. Cambridge University Press, New York, 255 pp.

Richter, Daniel deB., and Dan H. Yaalon 2012. The Changing Model of Soil Revisited. *Soil Science Society of America Journal* 76 (3):766-778.

Riebe, C.S., Kirchner, J.W., Finkel, R.C. 2003. Long term rates of chemical weathering and physical erosion using cosmogenic nuclides and geochemical mass balance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 67, 4411-4427.

Riggins, S. G., Anderson, R. S., Anderson, S. P. and Tye, A. M. 2011. Solving a conundrum of a steady-state hilltop with variable soil depths and production rates, Bodmin Moor, UK, *Geomorphology*, 128, pp. 73-84.

Robinson, M. 1986. The Extent of Farm Underdrainage in England and Wales, Prior to 1939. *The Agricultural History Review*, 34, 79-85

Robinson, D.A., Jones, S.B., Lebron, I., Reinsch, S., Domínguez, M.T., Smith, A.R., Jones, D.L., Marshall, M.R. and Emmett, B.A., 2016. Experimental evidence for drought induced alternative stable states of soil moisture. *Scientific reports*, 6(1), 1-6.

Robinson, D.A., Panagos, P., Borrelli, P., Jones, A., Montanarella, L., Tye, A. and Obst, C.G., 2017. Soil natural capital in Europe; a framework for state and change assessment. *Scientific Reports*, 7.

Robinson, G.W., 1924. Pedology as a Branch of Geology. *Geological Magazine*, 61(10), 444-455.

Robinson, G.W., 1930. The development of the soil profile in North Wales as illustrated by the character of the clay fraction. *The Journal of Agricultural Science*, 20(4), 618-639.

Robinson, G.W., 1936. Normal erosion as a factor in soil profile development. *Nature*, 137(3475), 950-950.

Rudeforth, C.C., Hartnup, R., Lea, J.W., Thompson, T.R.E., Wright, P.S. 1984. Soils and their use in Wales. Soil Survey of England and Wales Bulletin No.11 Harpenden.

Sauer, D., Sponagel, H., Sommer, M., Giani, L., Jahn, R. and Stahr, K., 2007. Podzol: Soil of the year 2007. A review on its genesis, occurrence, and functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(5), 581-597.

Sauer, D., Schüllli-Maurer, I., Wagner, S., Scarciglia, F., Sperstad, R., Svendgård-Stokke, Sørensen, R., Schellmann, G. 2015. Soil development over millennial timescales – a comparison of soil chronosequences of different climates and lithologies. *IOP Conf.ser.: Earth Environment Science*, 25, 012009.

Schaetzel, R. J., Barrett, L. R., & Winkler, J. A. 1994. Choosing models for soil chronofunctions and fitting them to data. *European Journal of Soil Science*, 45, 219-232

Schaetzel, R. J. and Thompson, M. L. 2005. *Soils Genesis and Geomorphology*. 2nd edn. New York: Cambridge University Press.

Seaton, F.M., George, P.B.L., Lebron, I., Jones, D.L., Creer, S., Robinson, D.A. 2020. Soil textural heterogeneity impacts bacterial but not fungal diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 144, 107766.

Seybold, C.A., Herrick, J.E. and Brejda, J.J., 1999. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. *Soil Science*, 164(4), 224-234.

Sloan, T.J., Payne, R.J., Anderson, A.R., Bain, C., Chapman, S., Cowie, N., Gilbert, P., Lindsay, R., Mauquoy, D., Newton, A.J., Andersen, R. 2018/19. Peatland afforestation in the UK and consequences for carbon storage Mires and Peat, Volume 23, Article 01, 1–17,

Smith P, Smith J, Flynn H, Killham K and others. 2007. ECOSSE: Estimating Carbon in Organic Soils — Sequestration and Emissions. Scottish Executive, Edinburgh.

Sommer, M., Schlichting, E. 1997. Archetypes of catenas in respect to matter - a concept for structuring and grouping catenas. *Geoderma*, 76, 1-33.

SoNaRR. 2020. <https://naturalresources.wales/evidence-and-data/research-and-reports/state-of-natural-resources-report-sonarr-for-wales-2020/sonarr2020-our-assessment/ecosystems/?lang=en>

Sowerby, A., Emmett, B.A., Tietema, A., Beier, C., 2008. Contrasting effects of repeated summer drought on soil carbon efflux in hydric and mesic heathland soils. *Global Change Biology* 14, 2388e2404.

Small, E. E., Anderson, R. S., Hancock, G. S. 1999. Estimates of the rate of regolith production using ¹⁰Be and ²⁶Al from an alpine hillslope, *Geomorphology*, 27, pp. 131-150.

Stockmann, U., Misasny, B., NcBratney, A.B. 2011. Quantifying processes of pedogenesis. *Advances in Agronomy*, 113, 1-71.

Stockmann, U., Minasny, B. and McBratney, A. B. 2014. How fast does soil grow?, *Geoderma*, 216, pp. 48-61.

Stone, J. O. 2000. Air pressure and cosmogenic isotope production, *Journal of Geophysical Research*, 105, pp. 23753-23759.

Stivins, N, Ozola, I, Galka, M, Kuske, E, Alliksaar, T, Andersen, T.J., Lamentowicz, M, Wulf, S, Reitalu, T. 2017. Drivers of peat accumulation rate in a raised bog : impact of drainage, climate, and local vegetation composition *Mires and Peat* , vol. 19 , 08 . DOI: 10.19189/MaP.2016.OMB.262

Stützer, A. 1998. Early stages of podzolisation in young aeolian sediments, western Jutland. *Catena* 32, 115–129.

Thormann, M. N., Currah, R. S. & Bayley, S. E. 1999. The mycorrhizal status of the dominant vegetation along a peatland gradient in southern boreal Alberta, Canada. *Wetlands* 19: 438–450.

Tipping, E., Davies, J.A., Henrys, P.A., Jarvis, S.G., Rowe, E.C., Smart, S.M., Le Duc, M.G., Marrs, R.H. and Pakeman, R.J., 2019. Measured estimates of semi-natural terrestrial NPP in Great Britain: comparison with modelled values, and dependence on atmospheric nitrogen deposition. *Biogeochemistry*, 144(2), 215-227.

Tsai, H., Maejima, Y., Hseu, Z.-Y., 2008. Meteoric ^{10}Be dating of highly weathered soils from fluvial terraces in Taiwan. *Quaternary International* 188, 185–196.

Turk, J.K., Goforth, B.R., Graham, R.C., Kendrick, K.J. 2008. Soil morphology of a debris flow chronosequence in a coniferous forest, southern California. *Geoderma*, 146, 157-165.

Tye, A.M. & Robinson, D.A. 2020. Environment and Rural Affairs Monitoring & Modelling Programme (ERAMMP). ERAMMP Report-45: Soil Degradation: Erosion & Compaction Phase-1. Report to Welsh Government (Contract C210/2016/2017)(UK Centre for Ecology & Hydrology Project 06297)

United-Nations. 2014a System of Environmental-Economic Accounting (SEEA). Experimental ecosystem accounting. https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/eea_white_cover.pdf.

United Nations. 2014b. System of Environmental-Economic Accounting 2012 : Experimental Ecosystem Accounting. New York: United Nations. © United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization, Organisation for Economic Co-operation and Development, World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23959> License: CC BY-NC-ND 3.0 IGO.

Van Es 2017. A new definition of soil.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/csa2017.62.1016>

Vreeken, W.J. 1984. Soil-Landscape chronograms for pedochronological analysis. *Geoderma*, 34, 149-164.

Walling, D.E., Owens, P.N. & Leeks, G.J.L. 1999. Rates of contemporary overbank sedimentation and sediment storage on the floodplains of the main channel systems of the Yorkshire Ouse and Tweed, UK. *Hydrological Processes*, 13, 993-1009.

White, A.F., Schulz, M.S., Davison, V.V., Blum, A.E., Stonestrom, D.A., Harden, J.W. 2005. Chemical weathering rates of a soil chronosequence in granitic alluvium: III. Hydrochemical evolution and contemporary solute fluxes and rates. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 1975-1996.

Wilkinson, M. T., Chappell, J., Humphreys, G. S., Fifield, K., Smith, B., Hesse, P., Heimsath, A. M. and Ehlers, T. A. (2005) 'Soil production in heath and forest, Blue Mountains, Australia: influence of lithology and paleoclimate', *Earth Surface Processes and Landforms*, 30(8), 923-934.

Willis, K.J., Braun, M., Sumegi, P., To'th, A., 1997. Does soil cause vegetation change or vice versa? A temporal perspective from Hungary. *Ecology* 78, 740–750.

Wong, James. 2019. Are there really only 100 harvests left?." *New Scientist*, Volume 242, Issue 3229, 11 May 2019, Page 24

WRB. 2001. <http://www.fao.org/3/y1899e/y1899e03.htm>

You, C.F., Lee, T., Li, Y.H., 1989. The partition of Be between soil and water. *Chem. Geol.* 77, 105.[http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541\(89\)90136-8](http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541(89)90136-8). Boschi, J.K. Willenbring / *Chemical Geology* 439 (2016) 52–58

ATODIAD 2: RHESTR GYFEIRIO AR GYFER ADRAN 5.3

1. D. Evans, Á. Rodés, A. Tye, The sensitivity of cosmogenic radionuclide analysis to soil bulk density: Implications for soil formation rates. *European Journal of Soil Science* **72**, 174-182 (2021).
2. D. L. Evans et al., Arable soil formation and erosion: a hillslope-based cosmogenic nuclide study in the United Kingdom. *Soil* **5**, 253-263 (2019).
3. D. A. Robinson et al., Soil natural capital in Europe; a framework for state and change assessment. *Scientific reports* **7**, 1-14 (2017).
4. A. Tye, D. Robinson, R. Lark, Gradual and anthropogenic soil change for fertility and carbon on marginal sandy soils. *Geoderma* **207**, 35-48 (2013).
5. R. Razauskaite et al., A New Approach Using Modeling to Interpret Measured Changes in Soil Organic Carbon in Forests: The Case of a 200 Year Pine Chronosequence on a Podzolic Soil in Scotland. *Frontiers in Environmental Science* (2020).
6. M. Mayer et al., Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management* **466**, 118127 (2020).
7. N. Cools, L. Vesterdal, B. De Vos, E. Vanguelova, K. Hansen, Tree species is the major factor explaining C: N ratios in European forest soils. *Forest Ecology and Management* **311**, 3-16 (2014).
8. J. Clark et al., Model inter-comparison between statistical and dynamic model assessments of the long-term stability of blanket peat in Great Britain (1940–2099). *Climate Research* **45**, 227-248 (2010).
9. H. Lin et al., Hydropedology: Synergistic integration of pedology and hydrology. *Water Resources Research* **42** (2006).
10. M. Bell et al., UK land-use change and its impact on SOC: 1925–2007. *Global Biogeochemical Cycles* **25** (2011).
11. G. Yu et al., Mineral availability as a key regulator of soil carbon storage. *Environmental Science & Technology* **51**, 4960-4969 (2017).
12. A. Macdonald et al., The Rothamsted long-term experiments. *Aspects of Applied Biology*, 1-10 (2015).
13. D. A. Robinson et al., Experimental evidence for drought induced alternative stable states of soil moisture. *Scientific reports* **6**, 1-6 (2016).
14. A. L. Dere, Shale Weathering across a latitudinal climosequence. PhD thesis PSU https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/9948 (2014).
15. M. Jones, A. Sowerby, D. Williams, R. Jones, Factors controlling soil development in sand dunes: evidence from a coastal dune soil chronosequence. *Plant and Soil* **307**, 219-234 (2008).
16. E. Tipping, E. Rowe, Modelling the physical states, element stoichiometries and residence times of topsoil organic matter. *European Journal of Soil Science* **70**, 321-337 (2019).
17. J. Williamson et al., Historical peat loss explains limited short-term response of drained blanket bogs to rewetting. *Journal of environmental management* **188**, 278-286 (2017).
18. D. M. Young et al., Misinterpreting carbon accumulation rates in records from near-surface peat. *Scientific reports* **9**, 1-8 (2019).
19. R. J. Payne et al., Peatland initiation and carbon accumulation in the Falkland Islands. *Quaternary Science Reviews* **212**, 213-218 (2019).
20. S. A. Banwart et al., "Soil functions in Earth's critical zone: key results and conclusions" in *Advances in agronomy*. (Elsevier, 2017), vol. 142, pp. 1-27.
21. M. Billett et al., Carbon balance of UK peatlands: current state of knowledge and future research challenges. *Climate Research* **45**, 13-29 (2010).
22. N. A. Povak et al., Machine learning and linear regression models to predict catchment-level base cation weathering rates across the southern Appalachian Mountain region, USA. *Water Resources Research* **50**, 2798-2814 (2014).
23. J. Reuss, B. Cosby, R. Wright, Chemical processes governing soil and water acidification. *Nature* **329**, 27-32 (1987).
24. C. Cagnarini et al., Zones of influence for soil organic matter dynamics: A conceptual framework for data and models. *Global change biology* **25**, 3996-4007 (2019).

25. D. Barraclough, P. Smith, F. Worrall, H. Black, A. Bhogal, Is there an impact of climate change on soil carbon contents in England and Wales? *European Journal of Soil Science* **66**, 451-462 (2015).
26. Á. Rodés, D. L. Evans, Cosmogenic soil production rate calculator. *MethodsX* **7**, 100753 (2020).
27. F. G. Verheijen, R. J. Jones, R. Rickson, C. Smith, Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews* **94**, 23-38 (2009).
28. F. Worrall et al., Can carbon offsetting pay for upland ecological restoration? *Science of the Total Environment* **408**, 26-36 (2009).
29. K. Yoo, S. M. Mudd, Toward process-based modeling of geochemical soil formation across diverse landforms: A new mathematical framework. *Geoderma* **146**, 248-260 (2008).
30. K. Yoo, S. M. Mudd, Discrepancy between mineral residence time and soil age: Implications for the interpretation of chemical weathering rates. *Geology* **36**, 35-38 (2008).
31. S. M. Mudd, K. Yoo, Reservoir theory for studying the geochemical evolution of soils. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* **115** (2010).
32. K. Yoo, S. M. Mudd, J. Sanderman, R. Amundson, A. Blum, Spatial patterns and controls of soil chemical weathering rates along a transient hillslope. *Earth and Planetary Science Letters* **288**, 184-193 (2009).
33. R. M. Thorley, L. L. Taylor, S. A. Banwart, J. R. Leake, D. J. Beerling, The role of forest trees and their mycorrhizal fungi in carbonate rock weathering and its significance for global carbon cycling. *Plant, cell & environment* **38**, 1947-1961 (2015).
34. M. Goldhaber, S. A. Banwart, Soil formation. *Soil Carbon: Science, Management, and Policy for Multiple Benefits*, 82-97 (2015).
35. B. W. Kolosz, P. Manning, J. M. Ehsan, S. P. Sohi, D. A. Manning, A Multipurpose Soil Inorganic Carbon Prediction Model. (2016).
36. J. L. Edmondson et al., Black carbon contribution to organic carbon stocks in urban soil. *Environmental science & technology* **49**, 8339-8346 (2015).
37. J. M. Clark et al., Assessing the vulnerability of blanket peat to climate change using an ensemble of statistical bioclimatic envelope models. *Climate Research* **45**, 131-150 (2010).
38. A. Heinemeyer et al., The MILLENNIA peat cohort model: predicting past, present and future soil carbon budgets and fluxes under changing climates in peatlands. *Climate Research* **45**, 207-226 (2010).
39. D. L. Evans, J. N. Quinton, J. A. C. Davies, J. Zhao, G. Govers (2020) Soil lifespans and how they can be extended by land use and management change', *Environmental Research Letters*, 15(9), doi: 10.1088/1748-9326/aba2fd
40. D. L. Evans (2020) New Insights into the rates of soil formation and their contribution to our understanding of soil lifespans. PhD Thesis. Lancaster University. Available at: [http://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/new-insights-into-the-rates-of-soil-formation-and-their-contribution-to-our-understanding-of-soil-lifespans\(fd2456ce-c4e1-4145-a676-7b3ac8bdd44e\).html](http://www.research.lancs.ac.uk/portal/en/publications/new-insights-into-the-rates-of-soil-formation-and-their-contribution-to-our-understanding-of-soil-lifespans(fd2456ce-c4e1-4145-a676-7b3ac8bdd44e).html)