



Llywodraeth Cymru
Welsh Government

Rhaglen Dystiolaeth Polisi Pridd 2019-20

**Anghenion dyfrhau ac
effeithiau cysylltiedig i Gymru**

19 Mai 2021

Cod yr adroddiad: SPEP2019-20/03

Nodiadau Cyffredinol ADAS

Rhif y Prosiect: 1021313

Teitl: Anghenion dyfrhau ac effeithiau cysylltiedig i Gymru

Cleient: Llywodraeth Cymru; Polisi Defnydd Tir Amaethyddol a Phridd, yr Is-adran Tir, Natur a Choedwigaeth, yr Adran Materion Gwledig

Dyddiad: 19 Mai 2021

Statws:

Terfynol

Awduron: Dr Alison Rollett, ADAS Gleadthorpe, Netherfield Lane, Meden Vale, Swydd Nottingham, NG20 9PD. John Williams, ADAS Boxworth, Battlegate Road, Boxworth, Swydd Gaergrawnt, CB23 4NN. Phil Metcalfe, ADAS Wolverhampton, Titan 1, Coxwell Avenue, Wolverhampton. WV10 9RT

Dyddiad: 19 Mai 2021

Adolygydd technegol: John Williams

Dyddiad: 19 Mai 2021

Rheolwr prosiect ADAS: Alison Rollett

Dyddiad: 19 Mai 2021

Rheolwr Prosiect Llywodraeth Cymru: Arwel Williams

Mae'r ddogfen yma hefyd ar gael yn Saesneg. This document is also available in English.

Cynnwys

1	Cyflwyniad.....	1
2	Amcanion	1
3	Sychder	2
3.1	Colli dŵr drwy anweddu a thrydardhu a sychdardhu.....	3
3.2	Cynnwys lleithder pridd.....	4
3.3	Cynhwysedd dŵr sydd ar gael.....	4
4	Effaith sychder ar gynnyrch ac ansawdd	5
5	Effeithiau sychder ar datws a chnydau yd	9
6	Newid yn yr hinsawdd a chyflenwad dŵr cnydau	14
6.1	Newid yn yr hinsawdd a pherfformiad cnydau	15
7	Dylanwadau newid yn yr hinsawdd ar yr angen i ddyfrhau er mwyn cefnogi prosesau cynhyrchu cnydau yng Nghymru.....	16
7.1	Newid yn yr hinsawdd a gradd ALC ar gyfer 2020, 2050 a 2080.	16
7.2	Newidiadau mewn tymheredd a glaw	17
7.3	Dyddiau capasiti cae	24
8	Newid yn yr hinsawdd a diffyg lleithder pridd	27
8.1	ALC a diffyg lleithder pridd:Senarios UKCP09.....	27
8.2	Cyfrifo diffyg lleithder pridd	27
8.3	ALC a diffyg lleithder pridd:senarios UKCP18.....	30
9	Dyfrhau	34
9.1	Amserlenni dyfrhau	36
9.2	Effeithlonrwydd strategaethau dyfrhau.....	39
10	Anghenion dyfrhau yng Nghymru yn y dyfodol	42
10.1	Mesur gofynion dyfrhau tatws.....	43
10.2	Diffyg lleithder:tatws.....	44
10.3	Y galw am ddyfrhau:tatws	45
10.3.1	Senario RCP isel 2020 UKCP18 (llinell sylfaen)	45
10.3.2	Senario RCP uchel 2050 a 2080 UKCP18	46
10.4	Mesur y galw am ddyfrhau gwenith gaeaf.....	48
10.5	Diffyg lleithder:gwenith.....	49

10.6	<i>Y galw am ddyfrhau gwenith</i>	50
10.6.1	Senarios RCP isel 2020 UKCP18	51
10.6.2	Senario RCP uchel 2050 a 2080 UKCP18	52
10.7	<i>Casgliadau ynglŷn â dyfrhau</i>	52
11	Y galw am ddŵr ar gyfer gwartheg	53
11.1	<i>Casgliadau</i>	54
12	Effeithiau a chydymffurfiaeth	55
12.1	<i>Tynnu dŵr</i>	55
12.1.1	Ceisiadau	55
12.1.2	Diwygiadau	55
12.2	<i>Storio dŵr ar ffermydd</i>	56
12.3	<i>Manteision cymdeithasol ac economaidd tynnu dŵr</i>	56
12.3.1	Cadernid a gwasanaethau	56
12.4	<i>Caniatadau cynllunio</i>	56
12.4.1	Caniatâd cynllunio	56
12.5	<i>Deddfwriaeth allweddol</i>	57
12.5.1	Cofrestru'r gronfa ddŵr	57
12.5.2	Deddf Cronfeydd Dŵr 1975	57
12.5.3	Deddf Rheoli Llifogydd a Dŵr 2010	57
12.5.4	Deddf Draenio Tir 1991 (fel y'i diwygiwyd yn 1994)	58
13	Arferion da ar gyfer prosiectau cronfeydd dŵr	58
13.1	<i>Cynllun prosiect</i>	58
13.1.1	Lleoliad	58
13.2	<i>Arferion gorau safonol</i>	59
13.2.1	Dyluniad	59
13.2.2	Cronfeydd dŵr agored	59
13.2.3	Tanciau ar wyneb y ddaear/o dan y ddaear	59
13.3	<i>Dewis Safle ac Adeiladu</i>	60
13.3.1	Math o bridd	60
13.3.2	Arglawdd	60
13.3.3	Siâp	61
13.3.4	Gyda leinin/heb leinin	61
13.3.5	Iechyd a diogelwch	61

13.4 Rheoli/cynnal a chadw	62
13.5 Tirlunio a chyfoethogi bywyd gwylt	62
13.6 Ansawdd a defnydd dŵr.....	63
13.7 Rhagor o ganllawiau a gwybodaeth	63
14 Crynodeb.....	64
14.1 Newidiadau yn y dyfodol yn hinsawdd Cymru	64
14.2 Newidiadau yn y dyfodol o ran diffyg lleithder pridd.....	64
14.3 Dyfrhau.....	65
14.4 Senarios dyfrhau.....	66
14.4.1 Dŵr a dynnir ar gyfer tatws.....	66
14.4.2 Dŵr a dynnir ar gyfer gwenith.....	67
14.4.3 Cyffredinol.....	67
15 Cyfeiriadau	68

1 Cyflwyniad

- Mae Rhagolygon Hinsawdd diweddaraf y DU (UKCP18) wedi creu rhagolygon newydd o sut y gallai'r hinsawdd newid yn y DU dros y degawdau sydd i ddod (*Lowe et al.*, 2018). Nid yw'r senarios yn rhagweld newid yng nghyfanswm y glaw ond maent yn awgrymu newidiadau yn y dosbarthiad tymhorol, gyda gostyngiad mewn gwlybanaeth yn ystod yr haf a chynnydd mewn gwlybanaeth yn ystod y gaeaf o dan bob senario. Mae amrywioldeb blynyddol cynyddol yr hinsawdd ac amllder digwyddiadau eithafol (llifogydd, cyfnodau o sychder a chyfnodau poeth) (*Knox et al.*, 2010) yn debygol o effeithio ar gynaliadwyedd cynhyrchu cynydau mewn ardaloedd penodol.
- Mae cynydau awyr agored yn arbennig o sensitif i newidiadau yn yr hinsawdd, a hynny'n uniongyrchol o newidiadau mewn glaw a thymheredd, ac yn anuniongyrchol, gan y bydd unrhyw newidiadau yn yr hinsawdd hefyd yn effeithio ar botensial amaethyddol priddoedd drwy newid cydbwysedd dŵr priddoedd. Mae hyn yn effeithio ar argaeledd dŵr i blanhigion ac yn effeithio ar arferion rheoli tir eraill (*Knox et al.*, 2010).
- Mae newidiadau mewn tymheredd a phatrwm glaw yn debygol o effeithio ar lefelau cynnyrch cynydau a'u hinsawdd a gallant effeithio ar hyfywedd cynydau a fwydir â glaw ar hyn o bryd. Mae straen dŵr o ganlyniad i ddiffyg glaw yn llai o risg yng Nghymru ar hyn o bryd nag ydyw mewn rhanbarthau sychach eraill o'r DU (*ASC*, 2016). Fodd bynnag, mae rhagolygon yr hinsawdd yn awgrymu bod y risg o straen dŵr yn debygol o gynyddu yn y dyfodol a phan fo sychder yn yr haf yn risg, gellid defnyddio prosesau dyfrhau i gynnal lefelau cynydau, ar gnydau sydd eisoes yn cael eu dyfrhau (e.e. tatws a llysiau maes) ac ar gnydau eraill a fwydir â glaw ar hyn o bryd megis gwenith. Bydd y defnydd cynyddol o ddyfrhau yn gofyn am fuddsoddi mewn dulliau storio dŵr ar ffermydd (e.e. cronfeydd dŵr a thanciau dŵr) er mwyn tynnu dŵr yn ystod y cyfnodau brig neu gynaeafu dŵr glaw (*ADAS a Phrifysgol Cranfield*, 2014). Felly, bydd angen i Lywodraeth Cymru ddeall y galw am ddyfrhau yn y dyfodol yng Nghymru yn ogystal â'r goblygiadau posibl (cadarnhaol a negyddol) i unrhyw gynnydd yn yr angen am dŵr.

2 Amcanion

- Mae'r prosiect hwn wedi ystyried goblygiadau newid yn yr hinsawdd yn y dyfodol i ddyfrhau cynydau yng Nghymru ac yn benodol mae wedi:
 - Ymchwilio i effaith sychder ar berfformiad cynydau (e.e. twf, ansawdd neu gynnyrch).
 - Asesu effaith y rhagolygon newid yn yr hinsawdd presennol ar y cyflenwadau dŵr sydd ar gael i gnydau yng Nghymru a nodi'r ardaloedd yng Nghymru y bydd yn fwyaf tebygol o effeithio arnynt.
 - Cadarnhau'r gofynion dyfrhau presennol yng Nghymru ac effaith senarios newid yn yr hinsawdd ar yr angen i ddyfrhau tatws a gwenith yn y dyfodol.
 - Nodi safonau arferion gorau ar gyfer adeiladu cronfeydd dŵr a thanciau storio tanddaearol ar ffermydd.

3 Sychder

- Mae dŵr croyw yn un o ofynion sylfaenol bywyd, mae angen dŵr er mwyn i hadau egino a dŵr yw'r brif elfen mewn celloedd planhigion. Mae dŵr yn cadw planhigion yn chwydd-dyn; caiff ei ddefnyddio mewn ffotosynthesis a symudiadau stomataidd ac mae'n cludo maetholion drwy'r planhigyn cyfan. Mae llawer o'r adweithiau biocemegol sy'n rhan o'r broses dyfu yn digwydd mewn dŵr ac mae angen dŵr ar blanhigion i dyfu ac i'w meinweoedd ehangu.
- Mae sychder yn nodwedd gyffredin, arferol o hinsawdd sy'n digwydd ym mhob math o hinsawdd bron. Dyma'r duedd lle nad oes digon o ddŵr ar gael ar gyfer twf cnydau. Gall hyn ddigwydd oherwydd lefelau isel o law neu lefelau uchel o golli dŵr drwy sychdardhu, anweddu a thrydardhu neu lle mae'r pridd ond yn cadw ychydig o leithder pridd sydd ar gael i wreiddiau planhigion. Bydd difrifoldeb y cyfyngiad yn dibynnu ar y berthynas rhwng nodweddion priddoedd a ffactorau hinsoddol yn ogystal â'r galw am leithder. Mae'r berthynas yn un gymhleth, ac mae graddau'r straen lleithder yn amrywio o flwyddyn i flwyddyn yn ôl y tywydd. Mewn cymhariaeth, mae sychder yn ddigwyddiad byrdymor a nodweddir gan newidiadau mewn glaw a thymheredd sy'n golygu nad oes digon o leithder i gynnal twf planhigion. Gellir ystyried bod sychder pridd yn elfen bwysig o sychder amaethyddol, os nad rhywbeth sy'n mynd law yn llaw ag ef (Zdruli *et al.*, 2001).
- Mae diffyg dŵr amaethyddol yn codi pan nad oes digon o law i gyflenwi digon o ddŵr ar gyfer cnydau yn ystod y tymor tyfu er mwyn sicrhau'r cynnyrch cnydau mwyaf posibl (Vadez *et al.*, 2011; 2012; Wahid *et al.*, 2007). Mae straen sychder yn digwydd yn aml pan fydd lleithder y pridd a'r lleithder aer cymharol yn isel, a phan fydd y tymheredd amgylchynol yn uchel. Mae'r amodau hyn yn arwain at ddiffyg cydbwysedd rhwng colled bosibl drwy sychdardhu, anweddu a thrydardhu (y galw) a chludo dŵr i mewn i'r system pridd a gwreiddiau. (Lipiec *et al.*, 2013).
- Mae diffyg dŵr yn ystod cyfnodau o sychder yn un o'r ffactorau straen mwyaf arwyddocaol o ran cynhyrchu cnydau'n fyd-eang (e.e. Narasimhan a Srinivasan, 2005; Lobell a Field, 2007). Gall arwain at ostyngiad sylweddol yn lefel cynnyrch cnydau neu hyd yn oed methiant cnydau. Ochr yn ochr ag effeithiau negyddol straen dŵr ar gynnyrch cnydau, gellir hefyd effeithio ar ansawdd cnydau (e.e., Jensen *et al.*, 1996; Ozturk ac Aydin, 2004).
- Mae perthynas agos rhwng dylanwad y cyflenwad dŵr yn y pridd ar dwf a gweithrediad gwreiddiau a rhywogaethau o blanhigion a dyfnder gwreiddio (Vadez *et al.*, 2012). Yn gyffredinol, mae cnydau heb ddyfnder i'w gwreiddiau megis tatws yn llai abl i oddef sychder na rhywogaethau â gwreiddiau dwfn megis alfalfa neu indrawn. Mae ymateb planhigion i straen sychder a gwres hefyd yn wahanol mewn planhigion C₃ (e.e. gwenith) ac C₄ (e.e. indrawn) (mae C₃ ac C₄ yn cyfeirio at wahanol lwybrau sefydlogiad carbon; mae tua 85% o blanhigion yn defnyddio'r llwybr C₃).
- Ym mhob math o blanhigyn, mae CO₂ yn cael ei sefydlogi drwy'r ensym Rwbisco sy'n cynhyrchu ffosffoglycerad sy'n cynnwys tri chyfansoddyn carbon (3-PGA), y cyfeirir ato fel y cylch C₃; rhywogaethau C₃ yw'r planhigion sy'n defnyddio'r cylch hwn. Un broblem gyda'r cylch C₃ yw bod Rwbisco yn catalyddu dau adwaith croes: carbocsyleiddio ac ocsigeneiddio. Mae ocsigeneiddio yn cyfeirio'r llif o garbon at y llwybr ffotoresbiradol a all arwain at golli 25-30% o'r carbon sefydlog. Gall tymereddau uchel a sychder gynyddu'r adwaith ocsigeneiddio. Mae proses C₄ yn addasiad o'r llwybr C₃ sy'n goresgyn cyfyngiadau ffotoresbiradu drwy addasiadau biocemegol ac anatomegol sy'n ei gwneud yn bosibl i blanhigion sy'n dilyn y llwybr ffotosynthetig hwn grynhai CO₂ lle mae Rwbisco. Gall planhigion C₄ ymdopi â thymereddau uwch a llai o ddŵr na phlanhigion C₃. Er enghraifft, nododd Yan *et al.* (2016) fod planhigion C₄

yn gallu ymdopi ag amodau sychder yn well na phlanhigion C₃; gostyngodd dargludiant stomataidd yn fwy mewn planhigion C₃ na phlanhigion C₄ o dan yr un amodau sychder.

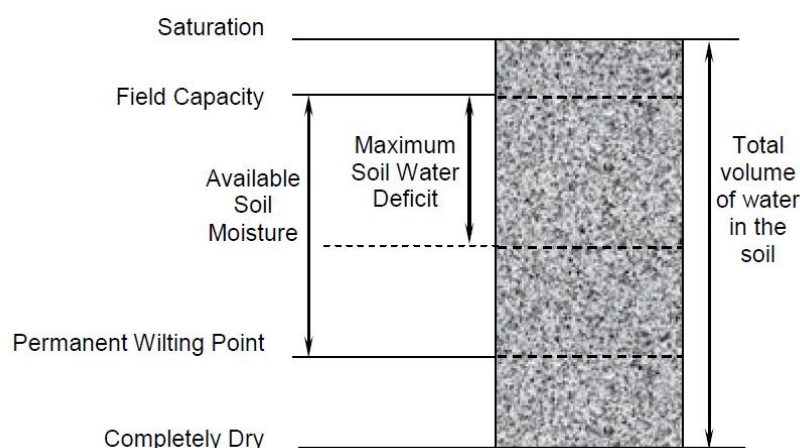
- Gall is-rywogaeth planhigyn neu ei darddle hefyd ddylanwadu ar ffactorau a fydd yn ei helpu i oddef sychder yn well. Er enghraifft, nodwyd bod dwysedd hyd gwreiddiau yn fwy bas mewn cyltifarau modern o wenith gaeaf yn y DU, sef 0.36m, na'r hen gyltifarau a ryddhawyd yn ystod y 1970au a'r 1980au, sef 0.86m (White *et al.*, 2015). Mae hyn yn awgrymu bod is-rywogaethau modern yn llai effeithlon o bosibl wrth ddod o hyd i ddŵr yn ddyfnach, ond, mae'n debygol y bydd effeithiau amgylchedd y pridd (e.e. cynnwys dŵr pridd) ar hyd gwreiddiau yn fwy sylweddol nag unrhyw effaith o ganlyniad i'r math o is-rywogaeth dan sylw (Hodgkinson *et al.*, 2017). Hefyd canfu, Narayanan *et al.* (2014) fod y rhanbarth tarddiad wedi cael effaith sylweddol ar ddyfnder gwreiddiau 297 o genoteipiau o wenith gwanwyn. Roedd gan genoteipiau a oedd yn tarddu o ranbarthau sych (Awstralia, y Canoldir a gorllewin Asia) wreiddiau dyfnach na'r rhai o ranbarthau llaith (de Asia, America Ladiniaidd, Meccico a Chanada). Awgrymodd yr awduron y gallai'r genoteipiau o wenith gwanwyn a esblygodd mewn ardaloedd sychach fod wedi ymaddasu drwy ddatblygu gwreiddiau dyfnach i gasglu dŵr o haenau dyfnach pridd.

3.1 Colli dŵr drwy anweddu a thrydarthu a sychdarthu

- Wrth i gnydau dyfu, caiff dŵr ei dynnu o'r pridd drwy'r gwreiddiau, a'i golli drwy drydarthu o'r dail ac anweddu o'r pridd ac wynebau dail. Gelwir yr effaith gyfun yn golled drwy sychdarthu, anweddu a thrydarthu.
- Pan fydd y pridd yn cyflenwi dŵr i ateb y galw o ganlyniad i anweddu, mae lefelau anweddu o'r pridd ond yn dibynnu ar amodau meteorolegol yn unig. Fodd bynnag, pan fydd cynnwys dŵr yn yr uwchbridd yn gostwng a phan fydd wyneb y pridd yn sychu, mae'r lefel gyfyngedig o ddŵr sydd ar gael yn golygu bod y symudiad o ddŵr o ddyfnder i wyneb y pridd yn lleihau. Yn niffyg unrhyw gyflenwad o ddŵr i wyneb y pridd, mae lefelau anweddu yn gostwng yn gyflym a gallant ddod i ben bron yn gyfan gwbl o fewn ychydig ddyddiau (Allen *et al.*, 1988).
- Diffinnir trydarthu fel dŵr hylifol ym meinweoedd planhigion yn anweddu a'r anwedd yn cael ei waredu i'r atmosffer (Allen *et al.*, 1988). Mae cnydau yn colli eu dŵr drwy stomata yn bennaf, sef agoriadau bach ar ddail planhigyn y mae nwyon ac anwedd dŵr yn symud drwyddynt. Caiff ymhell dros 90% o'r dŵr sydd ei angen ar blanhigion daearol ei golli drwy drydarthu yn hytrach na'i 'ddefnyddio' mewn unrhyw ffordd fiocemegol (Morison *et al.*, 2008). Mae trydarthu yn hanfodol o ran oeri anweddol, caffael CO₂ (drwy stomata y collir dŵr drwyddynt yn barhaus), cadw chwydd-dyndra ac amsugno maethynnau mwynol (Holding a Streich, 2013).
- O dan amodau sychder a thymheredd uchel cychwynnol, fel arfer, mae gwreiddiau'n tyfu'n fwy er mwyn sicrhau gwell mynediad i ddŵr. Fodd bynnag, mae cyfnodau estynedig o sychder yn peri i wreiddiau fynd yn llai ac yn arwain at anffurfio anatomegol a chyswllt gwan rhwng gwreiddiau a'r pridd sy'n cyfyngu ar y cyflenwad o ddŵr a maethynnau (Lipiec *et al.*, 2013).
- Pan fydd priddoedd yn wlyb, daw'r dŵr a dynnir gan blanhigion o haenau bas fel arfer, lle mae dwysedd gwreiddiau ar ei uchaf (Canadell *et al.*, 1996). Fodd bynnag, wrth i'r haenau hyn sychu bydd newid cynyddol tuag at ddŵr dyfnach, sy'n ei gwneud yn bosibl i blanhigion gadw stomata ar agor ac ymestyn y cyfnod tyfu i gyfnodau sychach. Canfu Gregory *et al.* (1978), yn achos gwenith gaeaf, fod y 3% o wreiddiau (yn ôl pwysau) a oedd yn ddyfnach nag 1m yn cyflenwi 20% o'r dŵr a drydarthwyd yn ystod cyfnodau sych. Pan fydd cyfyngiad ar ddyfnder gwreiddiau, mae'n bosibl na all planhigion dynnu o gronfeydd dŵr dyfnach a gall lefelau cynnyrch posibl cnydau ostwng.

3.2 Cynnwys lleithder pridd

- Mae faint o ddŵr y gall pridd ei gadw yn dibynnu ar ei wead (tywod, silt, llaid, clai ac ati) a'i strwythur (sut mae'r gronynnau wedi'u trefnu). Mewn pridd dirlawn, mae'r holl fandyllau rhwng gronynnau wedi'u llenwi â dŵr (Ffigur 1). Ar ôl i'r pridd fynd yn ddirlawn, mae proses ddraenio yn gwaredu dŵr yn raddol. Wedyn, yr unig ddŵr sy'n weddill yw dŵr sy'n cael ei gadw mewn mandyllau nad ydynt yn draenio drwy rym disgrychiant (h.y. lle mae'r tensiwn arwyneb o amgylch y gronynnau o bridd mewn ecwilibriwm â grymoedd oherwydd disgrychiant). Gelwir y cyflwr hwn yn 'gapasiti cae' (FC) ac mae'n digwydd ar y rhan fwyaf o briddoedd pan fydd tensiwn dŵr pridd o 5 kPa.
- Wrth i ddŵr gael ei amsugno gan wreiddiau planhigyn neu wrth iddo anweddu o'r uwchbridd, bydd lefel cynnwys lleithder pridd yn gostwng a bydd diffyg lleithder pridd (SMD) yn datblygu. Os na chaiff unrhyw ddŵr ychwanegol ei gyflenwi, bydd y pridd yn sychu'n raddol a bydd unrhyw ddŵr sy'n weddill yn mynd yn fwyfwy anodd i wreiddiau'r planhigyn ei dynnu. Yn y pen draw, cyrhaeddir sefyllfa lle na all y planhigyn dynnu ragor o ddŵr (y pwynt gwywo parhaol neu PWP) a bydd yn marw. Diffinnir y pwynt gwywo parhaol fel y pwynt y mae tensiwn dŵr pridd wedi cyrraedd 1500 kPa.
- Felly, y dŵr pridd sydd ar gael i'r cnwd yw'r swm a ddelir rhwng capasiti cae a'r pwynt gwywo parhaol a chyfeirir ato fel y lleithder pridd sydd ar gael neu'r cynhwysedd dŵr sydd ar gael (AWC): felly $AWC = FC - PWP$.



Ffigur 1. Termau lleithder dŵr pridd

3.3 Cynhwysedd dŵr sydd ar gael

- Mae'r cyflenwad dŵr sydd ar gael i gnydau yn ffwythiant gallu posibl pridd i ddal dŵr, y glaw sy'n disgyn ar y pridd a faint o bridd sydd ar gael i'r gwreiddiau. Mae gwead, strwythur a deunydd organig pridd yn effeithio ar faint o ddŵr y gall y pridd ei ddal ar gapasiti cae (BIO Intelligence Service, 2014). Ychydig iawn o ddŵr sy'n cael ei ddal gan briddoedd tywodlyd, am fod eu natur fandyllog yn ei gwneud yn bosibl iddo ddraenio'n rhydd i lawr proffil y pridd. Mewn cymhariaeth, fel arfer, gall priddoedd sy'n cynnwys llawer o glai ddal lefel uchel o ddŵr, ond ni fydd cyfran gymharol uchel ar gael yn hawdd am ei fod yn cael ei ddal mewn mandyllau ar densiynau o fwy na 1500 kPa.

- Wrth i bridd sychu, mae planhigion yn defnyddio mwy o ynni i dynnu dŵr a gelwir y pwynt pan fydd cynnyrch ac ansawdd cnydau yn dioddef yn SMD Critigol. Ar gyfer y rhan fwyaf o gnydau, mae'r SMD Critigol yn digwydd pan fydd cynnwys lleithder pridd rhwng 35% a 55% o gynhwysedd dŵr y pridd sydd ar gael ym mharth gwreiddiau cnydau (ADAS, 2003). Caiff amseroedd dyfrhau eu rheoli i gynnal cronfeydd wrth gefn o ddŵr pridd uwchlaw'r SMB Critigol yn ystod camau pwysig (h.y. y cyfnodau ymateb) twf y cnwd. Er enghraifft, o ran tatws, mae'n bwysig bod y cyflenwad dŵr yn ddigonol ar adeg ymffurfio'r cloron felly efallai y bydd dyfrhau yn dechrau'n fuan ar ôl iddynt ymddangos yn llawn er mwyn sicrhau bod yr uwchbridd yn agos i gapasiti cae pan fydd y cloron yn dechrau ymffurfio (ADAS, 2012).
- Cyfanswm y cymhwysedd dŵr sydd ar gael mewn pridd yw'r AWC cyfartalog (h.y. cynnwys dŵr pridd ≤ 1500 kPa) ar gyfer pob gorwel yn seiliedig ar wead, natur garegog a thrwch gorwel a dyfnder gwreiddiau (Tabl 1). Er enghraifft, mae pridd bas dros greigwely neu graig ddarniog (heblaw sialc) yn annhebygol o ddal digon o'r dŵr sydd ei angen i fodloni gofynion y cnwd pan fydd lefelau trydarthu yn llawer uwch na lefelau gwlybanaeth e.e. yn ystod misoedd yr haf a bydd angen dŵr ychwanegol o ddigwyddiadau glaw yr haf neu ddyfrhau i helpu cnydau i dyfu.
- Defnyddir y cysyniad o gynhwysedd dŵr priddoedd sydd ar gael yn hawdd (h.y. cynnwys dŵr pridd rhwng tensiwn o 5 kPa a 200 kPa a 10 a 200 kPa ar gyfer tywodydd priddgleiog) o fewn ALC i gyfrif am y lleihad yng ngallu gwreiddiau i dynnu dŵr mor effeithlon ar ddyfnder yn y pridd (MAFF, 1988).

Tabl 1. Cynhwysedd dŵr pridd sydd ar gael (Ffynhonnell: ADAS *et al.*, 2005).

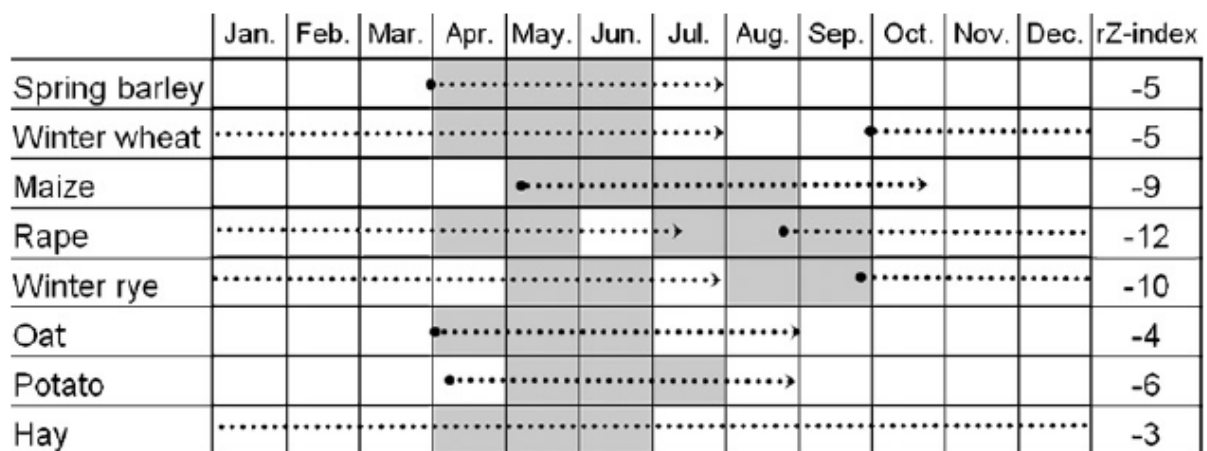
Gwead Pridd	Uwchbridd		Isbridd	
	AWC %	% sydd ar gael yn hawdd	AWC %	% sydd ar gael yn hawdd
Lôm Gwaddodlyd	23	15	22	14
Lôm gwaddodlyd tywodlyd canolog	19	11	17	11
Priddglai	18	11	16	10
Lôm tywodlyd canolog	17	11	15	11
Tywod canolog priddgleiog	13	9	9	6
Tywod bras priddgleiog	11	7	8	6

4 Effaith sychder ar gynnyrch ac ansawdd

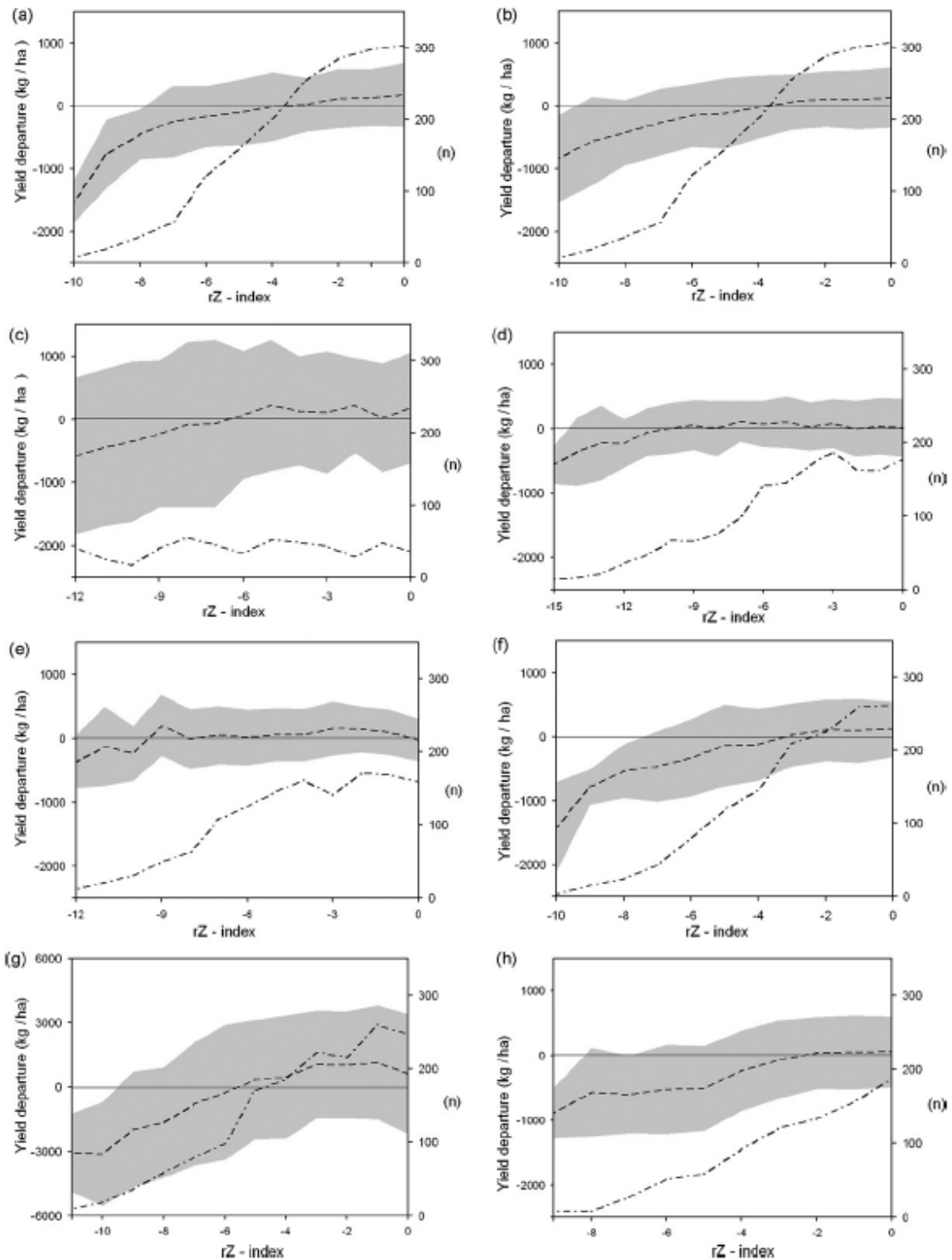
- Mae sychder, fel ffenomenon tywydd eithafol, yn un o'r cyfyngiadau hinsoddol mawr ar gynnyrch cnydau (Lesk *et al.*, 2016; Matiu *et al.*, 2017; Zipper *et al.*, 2016). O dan amodau sychder, mae cnydau yn cau eu stomata er mwyn cyfyngu ar y dŵr a gollir drwy anweddu, sy'n peri iddynt amsugno llai o garbon drwy ffotosynthesis, sy'n arwain at golli cynnyrch.
- Yn ôl Earl a Davis (2003), mae straen sychder yn gostwng lefelau cynnyrch cnydau grawn drwy dri phrif ddull: (i) lleihau faint o ymbelydredd trawol sy'n ffotosynthetig weithredol y mae'r brigdwf yn ei amsugno (PAR) (e.e., drwy gyfyngu ar ehangu arwynebedd dail, rholio dail neu

heneiddedd dail), (ii) lleihau effeithlonrwydd o ran defnyddio ymbelydredd, a (iii) gostwng y mynegrif y cynhaeaf (h.y., cyfran deunydd sych cnwd a ddyrennir i'r grawn).

- Nododd Hlavinka *et al.* (2009) fod y rhan fwyaf o gnydau yn agored i sychder yn ystod y cyfnod rhwng mis Ebrill a mis Mehefin, sy'n hollbwysig o ran ffurfio cynnyrch (Ffigur 2). Roedd rêp a rhyg gaeaf hefyd yn sensitif i straen dŵr cyn ac yn ystod ymddangosiad y cnwd yn yr hydref. Roedd sychder yn gostwng lefelau cynnyrch haidd gwanwyn, rêp had olew, ceirch a thatws yn fawr iawn a hefyd lefelau cynnyrch gwenith gaeaf a rhyg gaeaf i raddau llai ac roedd lefelau cynnyrch gwair dolydd ac indrawn hefyd yn gostwng o ganlyniad i straen dŵr eithafol (Ffigur 3). Canfuwyd bod cnydau yd gwanwyn yn fwy agored i sychder na chnydau yd gaeaf, a bod cnydau C₃ yn fwy agored na chnydau C₄ (h.y. indrawn). Mae'r ffaith bod cnydau gaeaf yn llai agored yn adlewyrchu eu gallu i sefydlu systemau gwreiddio dyfnach na chnydau gwanwyn sy'n lleihau effaith sychder yn ystod y gwanwyn.



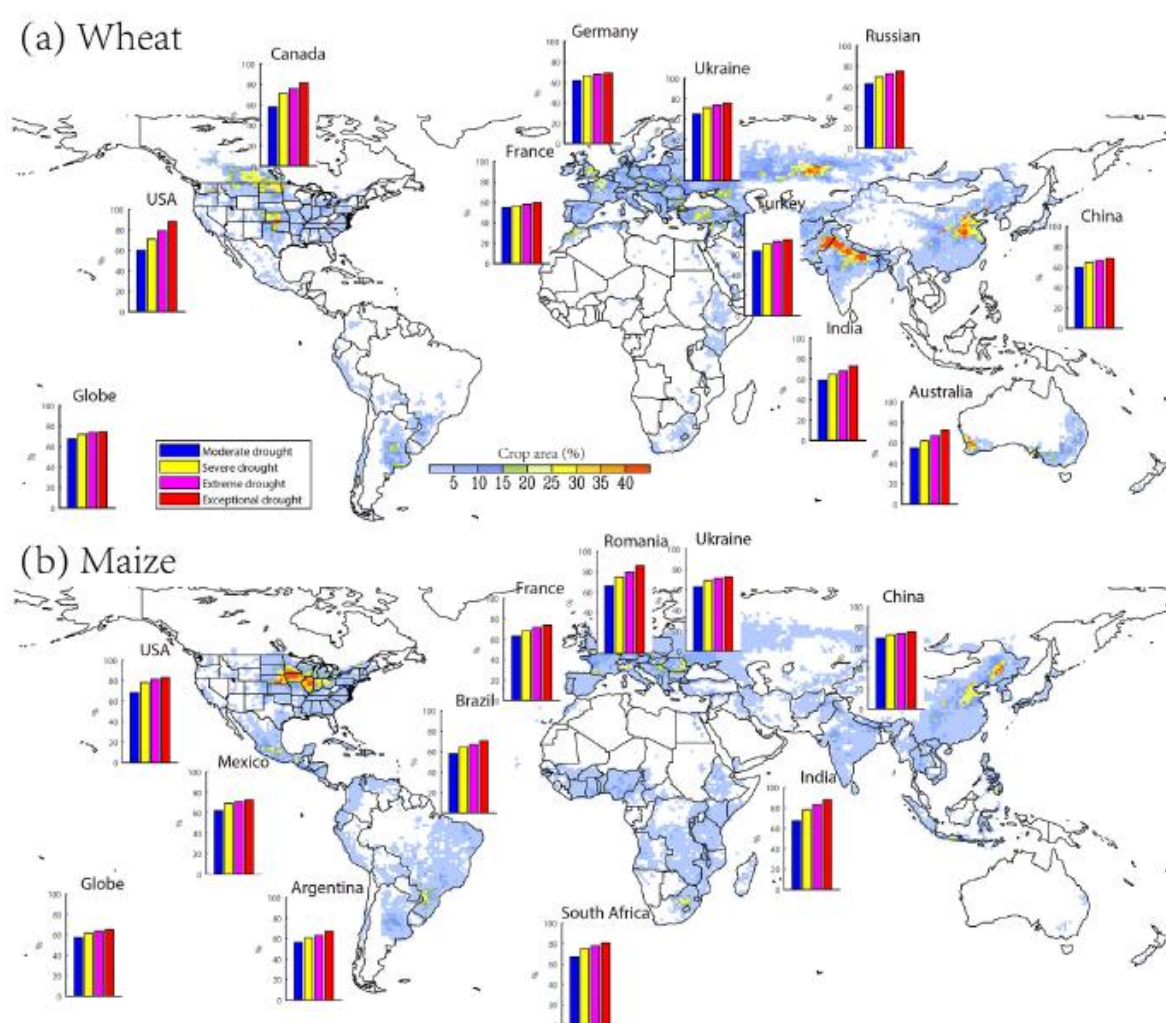
Ffigur 2.Cyfnodau o sensitifedd cnydau i sychder o fewn y cyfnod tyfiannol ar gyfer 8 cnwd a ddewiswyd (a nodir mewn lliw llwyd). Dangosir dyddiad hau bras cnydau yn y Weriniaeth Tsiec â dotiau mewn print trwm, dangosir hyd y cyfnod tyfu â llinellau dotiog a dangosir y cynhaeaf â saethau. Mae gwerthoedd mynegrif rZ yn dangos ar ba lefel y gostyngodd lefelau cynnyrch cnydau o ganlyniad i ddiffyg lleithder pridd. (Ffynhonnell: Hlavinka *et al.*, 2009).



Ffigur 3.Effaith sychder ar lefelau cynnyrch haidd gwanwyn (a), gwenith gaeaf (b), indrawn (c), rêp (d), rhyg gaeaf (e), ceirch (f), tatws (g) a gwair (h) (kg/yr hecтар). (Ffynhonnell: Hlavinka *et al.*, 2009).

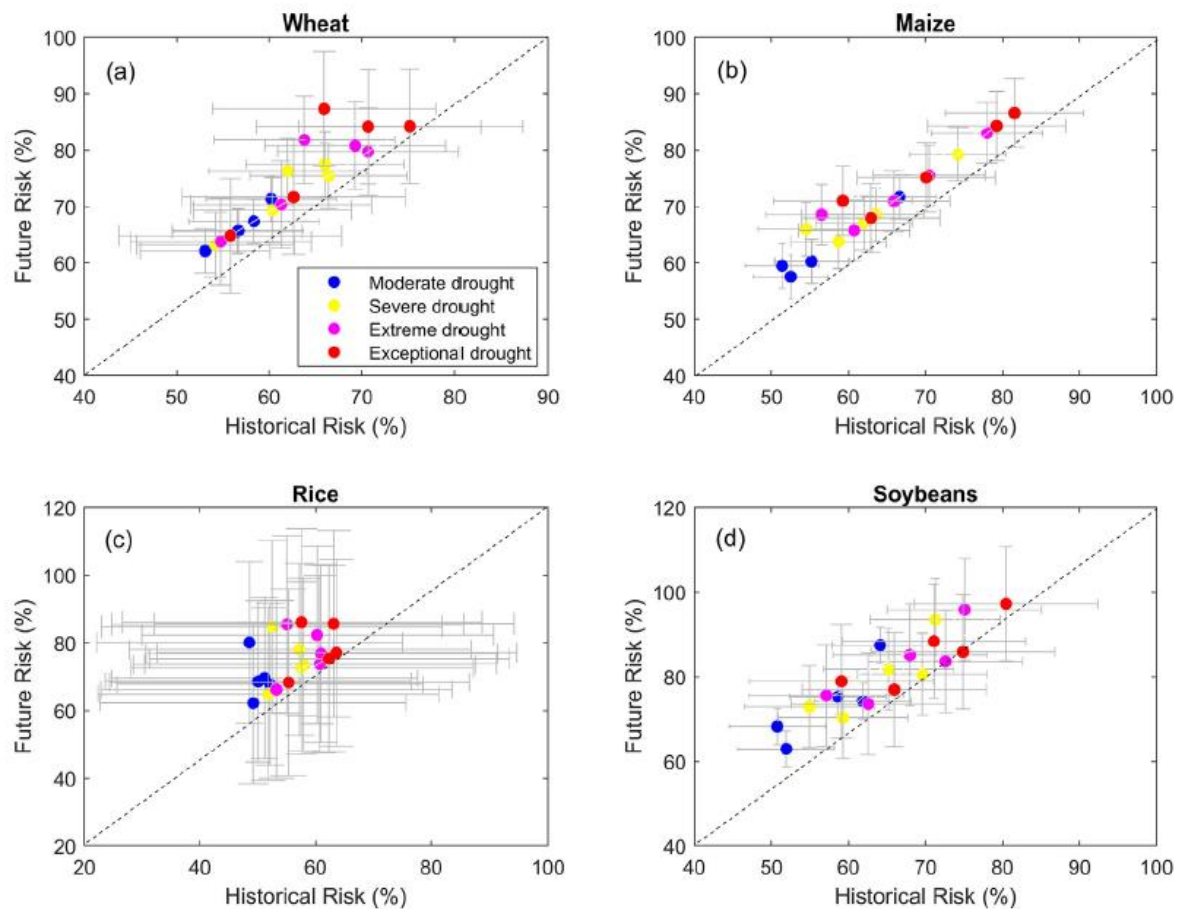
Nodiadau: Mynegrif rZ 0 = dim sychder, mynegrif rZ. -10 = sychder difrifol. Dangosir lefelau cynnyrch â'r llinell doredig. Dangosir gwyrriad safonol ($\pm$ oddi wrth y lefel cynnyrch gyfartalog) â'r wyneb lliw llwyd. Dangosir nifer y dosbarth-tymhorau (n) ar gyfer pob categori o sychder â'r llinell ddotiog doredig.

- Defnyddiodd Leng a Hall (2019) fynegai gwlybanaeth safonol (SPI) a data'r cyfrifiad ar gynnyrch ar gyfer 1961-2016 i greu fframwaith modelu tebygolïaethol ar gyfer amcangyfrif y risg o golli cynnyrch (ar gyfer gwenith, indrawn, reis a ffa soia) o dan sychder cymedrol ($-1.2 < \text{SPI} < -0.8$), difrifol ($-1.5 < \text{SPI} < -1.3$), eithafol ($-1.9 < \text{SPI} < -1.6$) ac eithriadol ($\text{SPI} < -2.0$) (Ffigur 4, ni ddangosir y tebygolrwydd o golli cynnyrch reis na ffa soia) Dros y byd, roedd gwenith yn fwy agored i sychder nag indrawn, reis a ffa soia, fel y'i dangoswyd gan y tebygolrwydd y câi mwy o gynnyrch ei golli o dan y pedwar categori o sychder (h.y. sychder cymedrol, difrifol, eithafol ac eithriadol). Dangosodd y canlyniadau fod tebygolrwydd o >80% y byddai lefel cynnyrch gwenith yn gostwng islaw ei gyfartaledd hirdymor yn ystod sychder eithriadol, yn enwedig yn UDA a Chanada.



Ffigur 4.Y tebygolrwydd (%) o golli gwenith (h.y. lefel cynnyrch gwenith yn mynd yn is na'r cyfartaledd hanesyddol) yn ystod sychder cymedrol (bar glas), eithafol (bar melyn), difrifol (bar majenta) ac eithriadol (bar coch) ar gyfer (a) gwenith a (b) indrawn. Dewisir y 10 gwlad uchaf o ran cynhyrchu pob cnwd fel enghraifft. (Ffynhonnell: Leng a Hall, 2019).

- O gymharu â'r amodau presennol, awgrymodd 11 o fodelau cnwd gynydd o 9-12%, tua 6%, 18-19% a 15-16% yn y risg o golli gwenith, indrawn, reis a ffa soia erbyn y diwedd yr 21ain ganrif, yn y drefn honno, heb ystyried manteision gwrteithio CO₂ ac addasiadau (Ffigur 5).



Ffigur 5. Newidiadau rhagamcanol yn y risg (%) o golli gwenith yn y dyfodol o gymharu â'r sefyllfa hanesyddol fel y'u hefelychwyd gan fodelau cnwd seiliedig ar broses. Mae pob dot yn cynrychioli cymedr cyfan risgiau a efelychwyd gan 11 o fodelau cnwd o dan senario hinsawdd penodol, ac mae'r llinellau gwall llwyd yn dangos yr ansicrwydd cyfatebol sy'n deillio o'r modelau cnwd. Mae lliwiau'r dotiau yn cynrychioli'r risg o dan amrywiol lefelau o ddifrifoldeb sychder. Yma, ystyrir pum senario hinsawdd a phedwar categori o ddifrifoldeb sychder, ac mae $5 \times 4 = 20$ o ddotiau ym mhob is-blot. (Ffynhonnell: Leng a Hall, 2019).

5 Effeithiau sychder ar datws a chnydau yd

- Crynhoir effaith sychder ar dwf a datblygiad tatws ar amrywiol gamau yn Tabl 2, isod. Diffyg dŵr yn ystod camau cynnar twf cnwd (h.y. pan fydd stolonau yn ymffurfio, pan fydd cloron yn ymffurfio ac ôl i gloron ymffurfio) fydd yn cael yr effaith niweidiol fwyaf ar gynnyrch terfynol. Er bod twf dail yn sensitif iawn i ddiffyg dŵr, os yw'r diffyg yn gymedrol ac am gyfnod byr, gall planhigion wneud iawn am y diffyg, gan arwain at fân effeithiau ar gynnyrch (FAO, 2012). Er mwyn sicrhau'r lefel uchaf bosibl o gynnyrch, fel arfer, ni ddylai cyfanswm y dŵr pridd sydd ar gael ostwng yn is na 30-50% (FAO, 2012).

- Yn yr un modd, mae cnydau yd yn dibynnu ar gyflenwad dŵr i gynhyrchu cnydau iach, cnydfawr o ansawdd da. Crynhoir effaith sychder ar dwf a datblygiad gwenith ar amrywiol gamau yn Tabl 3, isod.

Tabl 2. Effaith sychder ar datws (Ffynhonnell: ADAS *et al.*, 2005, Aliche *et al.*, 2018 ac Yara¹)

Cam datblygiad y cnwd	O dan amodau pridd a dŵr delfrydol	Effaith rhy ychydig o ddŵr
Tyfu a hau <i>Mawrth-Ebrill</i>	Mae gan bridd delfrydol i dyfu tatws strwythur da, gyda draenio da er mwyn i wreiddiau gael eu hocsigeneiddio'n briodol, ac er mwyn i gloron ddatblygu gyda chyn lleied o glefydau yn y gwreiddiau â phosibl.	Gall sychder yn ystod y cam hau yn y gwanwyn ei gwneud yn anodd i welyau a chefnau ymffurfio.
Ymddangosiad y cnwd, ymsefydlu a thwf <i>Ebrill-Mai</i>	- Mae'r planhigyn yn ymddangos tua 7 diwrnod ar ôl plannu o dan amodau da. - Mae'r gwreiddiau'n tyfu'n gyflym yn y 3-4 wythnos gyntaf ar ôl ymddangos. - Mae amodau llaith yn ei gwneud yn bosibl i blanhigyn tatws â gwreiddiau bas gael digon o faethynnau i sicrhau'r twf dail gorau posibl.	- Efallai y bydd oedi cyn ymddangos o ganlyniad i brinder lleithder pridd. - Pan fydd y brigdwf yn ehangu, ni fydd y cnwd wedi cyrraedd ei ddyfnder gwreiddio mwyaf, ac felly bydd yr SMD lle mae'r gosb o ran cynnyrch yn digwydd yn is. Felly, dylai'r cnwd gael ei ddyfrhau ar lefelau SMD is yn gynharach yn y tymor. - Mae priddoedd sych yn cyfyngu ar dwf gwreiddiau felly bydd llai o allu i amsugno dŵr yn ddiweddarach yn ystod y tymor tyfu. - Mae priddoedd llaith yn hyrwyddo twf gwreiddiau (os yw strwythur y pridd yn dda). Felly, yn ystod gwanwyn sych, mae dyfrhau'n gynnar yn ddymunol er mwyn hyrwyddo twf gwreiddiau.
Cloron yn ymffurfio a thwf cnwd. <i>Mai-Gorffennaf</i>	Mae amodau llaith yn ei gwneud yn bosibl i'r planhigyn tatws â gwreiddiau bas gael digon o faethynnau i sicrhau'r lefel orau bosibl o ran brigdwf, ymffurfio cloron ac wedyn ymgrynhoi cloron.	- Gall sychder ar adegau allweddol megis amser ymffurfio cloron mewn tatws leihau nifer y cloron sy'n cael eu ffurfio a pho hwyaf y sychder, y mwyaf y bydd nifer y cloron yn lleihau. - Mae crach tatws, y clefyd llychwino sy'n lleihau ansawdd, yn digwydd pan fydd lleithder pridd yn gostwng i law capasiti cae ar ôl i'r cloron ymffurfio. Nod yr amserlen ddyfrhau a chymhwyso cymaint o ddulliau rheoli crach tatws â phosibl yw sicrhau bod

¹ <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/potato/potato-agronomic-principles/>

		cronfeydd dŵr pridd yn agos i gapasiti cae. Bydd amrywiadau yn statws lleithder pridd yn y cefn yn arwain at ymgrynhoi cloron, cloron wedi'u hanffurfio a chraciau twf.
Cynaeafu <i>Gorffennaf-Hydref</i>		- Lefelau gostyngol o gynnyrch, cloron bach, craciau mewn cloron, brychau a gwyrddu (a achosir gan heulwen ar gloron lle mae'r pridd wedi cracio) - Gall cleisio cloron ddigwydd pan gaiff tatws eu codi o bridd sych.

Tabl 3. Sychder a chnydau ŷd (Ffynhonnell: AHDB (2013))

Cam datblygiad y cnwd	O dan amodau pridd a dŵr delfrydol	Effaith rhy ychydig o ddŵr
Tyfu a hau	Cynhelir strwythur y pridd wrth dyfu cnydau gyda chyswllt da rhwng yr had a'r pridd, sy'n peri i'r had egino'n gyflym gyda chymorth y dŵr pridd sydd ar gael i'r had.	- Mae'n anodd tyfu cnydau mewn priddoedd sych iawn ac mae angen mwy o egni i dyfu a gall arafu cyfraddau gwaith. - Mae gwelyau had naill ai'n rhy galed neu'n rhy fain, sy'n arwain at strwythur gwael neu gylchlithro pan ddaw'r glaw yn ôl; mae had yn aml yn sych ac yn methu â sicrhau'r lleithder sydd ei angen arnynt i egino.
Ymddangosiad y cnwd, ymsefydlu a thwf	Mae'r cnwd yn ymsefydlu'n dda, gyda niferoedd da o blanhigion, ac yn tyfu i ffwrdd yn gyflym er mwyn gorchuddio'r ddaear yn gyflym, sy'n cynyddu lefel cynnyrch bosibl cnydau drwy ryng-gipio mwy o'r heulwen sydd ar gael	Gall proses sefydlu cnydau fod yn wael, a bydd cnydau yn cael anhawster i dyfu oherwydd datblygiad cyfyngedig y gwreiddiau; wrth i'r cnydau dyfu, bydd diffyg dŵr yn arwain at amsugno llai o faethynnau a chnydau crebachaidd neu wan.
Llenwi grawn a had	Mae argaeledd dŵr yn ei gwneud yn bosibl i'r cnwd barhau i dyfu'n gryf drwy gydol y broses llenwi grawn neu had, gan sicrhau'r lefel uchaf bosibl o gynnyrch.	Bydd prinder dŵr ar y cam hwn yn arwain at rawn a had crin, llai o faint, bydd cnydau'n heneiddio'n gynnar, gan leihau cynnyrch posibl cnydau.

Cynaeafu	Potensial cynnyrch ac ansawdd wedi'i gyflawni; mae cnydau wedi'u cynaeafu o dan amodau da, heb niwed mawr i'r pridd	Gall grawn fynd yn rhy galed a hollti, gan arwain at golli ansawdd a gwrthod mwy o blanhigion; mae diffyg lleithder yn peri i'r lefel cynnyrch ostwng os bydd y grawn yn rhy sych ac mae grawn rhy sych yn golygu colli refeniw.
Ar ôl cynaeafu	Mae hawdd trin y pridd er mwyn cynnwys gweddillion a chreu gwelyau had ar gyfer y cnwd canlynol	

-

6 Newid yn yr hinsawdd a chyflenwad dŵr cnydau

- O ran Cymru, roedd y degawd 2008-2017 0.8°C yn gynhesach na'r cyfartaledd rhwng 1961 a 1990 ac mae'r mwyafrif o'r blynyddoedd cynhesaf wedi cael eu cofnodi ers 1990 (Lowe *et al.*, 2018). Mae glaw blynyddol yng Nghymru wedi cynyddu 4% ers cyfartaledd 1961-1990 (Lowe *et al.*, 2018). Hefyd, dylid nodi'r gyfres o hafau gwlyb diweddar; o'r deg haf diwethaf rhwng 2008 a 2017, dim ond yn ystod haf 2013 yr oedd cyfanswm glaw y DU islaw cyfartaledd 1981-2010. Felly, mae hafau yn y DU ar gyfer y degawd mwyaf diweddar (2008 i 2017) wedi bod 20% yn wlypach ar gyfartaledd na 1961-1990 a 17% yn wlypach na 1981-2010 (Lowe *et al.*, 2018).
- Mae UKCP18 wedi llunio rhagolygon newydd o'r ffordd y gallai'r hinsawdd newid yn y DU dros y degawdau sydd i ddod (Lowe *et al.*, 2018). Mae'r rhagolygon hinsawdd rhanbarthol yn seiliedig ar bedwar 'Llwybr Crynhoi Cynrychioliadol' (RCP). Mae llwybrau crynhoi cynrychioliadol yn rhagolygon amser dibynnol o grynodiadau o nwyon tŷ gwydr yn yr atmosffer sy'n seiliedig ar dybiaethau ynglŷn â gweithgarwch economaidd, twf y boblogaeth, ffynonellau ynni a ffactorau economaidd-gymdeithasol eraill. Mae pob RCP ond yn un o nifer o senarios posibl a fyddai'n arwain at nodweddion penodol sy'n ymwneud â newid yn y cydbwysedd ymbelydrol. Mae'r term llwybr yn pwysleisio nad y lefelau crynhoi hirdymor yn unig sydd o ddiddordeb, ond hefyd y trywydd dros amser i gyrraedd y canlyniad hwnnw. Mae'r pedwar RCP gyda'i gilydd yn rhychwantu ystod o godiadau'r flwyddyn 2100 mewn gwerthoedd newid yn y cydbwysedd ymbelydrol² (o gymharu â'r amodau cynddiwydiannol yn 1750) a welwyd mewn llenyddiaeth agored, h.y. o 2.6 i 8.5 W/m^2 fesul metr sgwâr (W/m^2)³:
 - RCP2.6: lefelau isel o grynodiad o nwyon tŷ gwydr, mae'r newid yn y cydbwysedd ymbelydrol yn cyrraedd uchafbwynt o 3 W/m^2 erbyn tua 2050, gan ostwng 2.6 W/m^2 erbyn tua 2100.
 - RCP4.5: nwyon tŷ gwydr yn cyrraedd uchafbwynt erbyn tua 2100, ac yna'n ymsefydlogi. Mae'r newid yn y cydbwysedd ymbelydrol yn cyrraedd uchafbwynt o 4.5 W/m^2 .
 - RCP6: nwyon tŷ gwydr yn cyrraedd uchafbwynt erbyn tua 2100, ac yna'n ymsefydlogi. Mae'r newid yn y cydbwysedd ymbelydrol yn cyrraedd uchafbwynt o 6 W/m^2 .
 - RCP8.5: mae nwyon tŷ gwydr yn cynyddu dros amser. Mae'r newid yn y cydbwysedd ymbelydrol yn cyrraedd uchafbwynt o 8.5 W/m^2 .
- O dan bob senario RCP, mae'r newidiadau a ragwelir wedi'u modelu ar gyfer y 5, 10, 50, 90 and 95^{ain} ganradd. Y lefel 50% yw'r newid canolrifol, ac mae'r lefelau 5% a 95% yn rhoi'r amcangyfrifon isaf ac uchaf o'r amrediadau o ansicrwydd cysylltiedig. Awgrymodd senarios

² Newid yn y cydbwysedd ymbelydrol yw'r newid yn y fflwcs ymbelydrol tuag i lawr llai tuag i fyny net (a fynegir ar ffurf Watiaf fesul metr sgwâr) yn y tropopos neu ar ben uchaf yr atmosffer o ganlyniad i newid yn un o ysgogwyr allanol newid yn yr hinsawdd, megis, newid yn y crynodiad o garbon deuocsid (CO_2) neu allbwn yr haul, er enghraifft. Pan fydd newid yn y cydbwysedd ymbelydrol yn peri i'r egni sy'n dod i mewn fod yn fwy na'r egni sy'n mynd allan, bydd y blaned yn cynhesu (newid positif yn y cydbwysedd ymbelydrol) i'r gwrthwyneb, os bydd egni sy'n mynd allan yn fwy na'r egni sy'n dod i mewn, bydd y blaned yn oeri.

³ Cysonyn yr haul yw $1,361 \text{ W/m}^2$. O ran y DU, ymbelydredd dyddiol cyfartalog yr haul yw 101 W/m^2 (yn amrywio o 85 W/m^2 yng ngogledd yr Alban i 114 W/m^2 yn ne Lloegr). Mae gwerthoedd dyddiol yn amrywio o <50 i $>200 \text{ W/m}^2$ (Burnett *et al.*, 2014).

UKCP18 gynnydd yn y tymheredd yn ystod y gaeaf a'r haf o'r 2020au hyd at y 2080au, gyda phob ardal yng Nghymru yn wynebu cynnydd cymharol debyg mewn tymheredd. Mae'r rhagolygon ar gyfer y 50^{fed} ganradd yn awgrymu erbyn 2080-2099, yn dibynnu ar y senario, y bydd tymereddau cymedrig blyneddol 1-4°C yn uwch na'r llinell sylfaen (1981-2000). Rhagwelir y bydd tymereddau yn cynyddu 1-3°C a 2-5°C, yn dibynnu ar y senario, erbyn 2080-2099 yn y gaeaf a'r haf, yn y drefn honno.

- Nid yw senarios RCP yn rhagweld newid yng nghyfanswm y glaw ond, yn hytrach, awgrymwyd y bydd gwahaniaeth yn nosbarthiad tymhorol glaw, gyda gostyngiad mewn gwlybanaeth yn ystod yr haf a chynnydd mewn gwlybanaeth yn y gaeaf o dan bob senario. O ran gwlybanaeth yn ystod yr haf, rhagwelodd y 50^{fed} ganradd ostyngiadau o 15-19% ar gyfer 2040-2059 ac 20-38% ar gyfer 2080-2099 (o gymharu â llinell sylfaen 1981-2000). Mewn cymhariaeth, ar gyfer gwlybanaeth yn ystod y gaeaf, rhagwelodd y 50^{fed} ganradd gynnydd o 5-9% ar gyfer 2040-2059 a chynnydd o 6-23% ar gyfer 2080-2099 (o gymharu â llinell sylfaen 1981-2000).

6.1 Newid yn yr hinsawdd a pherfformiad cnydau

- Mae newidiadau mewn tymheredd a phatrwm glaw yn debygol o effeithio ar lefelau cynnyrch cnydau a'u hinsawdd a gallant effeithio ar hyfywedd cnydau a fwydir â glaw ar hyn o bryd a chreu cyfleoedd i dyfu mathau newydd o gnydau (Knox *et al.*, 2010).
- Mae'r hinsawdd sy'n cynhesu yn cynnig cyfle i ehangu'r tir a ddefnyddir ar gyfer amaethyddiaeth yng Nghymru o bosibl. Gallai llawer o'r ardaloedd sy'n ymylol o ran amaethyddiaeth ar hyn o bryd o ganlyniad i gyfyngiadau hinsoddol weld gwelliant o ran gallu'r tir. Fodd bynnag, efallai y bydd cyfyngiadau hefyd ar gynhyrchiant amaethyddol yn y dyfodol o ganlyniad i bridd mwy sych mewn rhai lleoliadau. O ran Cymru, rhagwelir y bydd arwynebedd tir Gradd 1-3a ALC yn gostwng o 20% i 18%, 16% neu 9% erbyn 2080 o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel, yn y drefn honno⁴. Erbyn 2080, rhagwelir y bydd arwynebedd tir Gradd 4 yng Nghymru yn debyg i'r llinell sylfaen o dan y senario RCP isel a chanolig, ond y bydd yn cynyddu i 39% o dan y senario RCP uchel (Keay a Hannam, 2020).
- Byddai tuedd a ragwelir tuag at hafau cynhesach a sychach yn cynyddu'r risg o straen gwres mewn cnydau sensitif (e.e. gwenith gaeaf) a gostwng lefelau cynnyrch posibl ar gyfer y cnydau hynny y mae angen llawer o ddŵr arnynt (e.e. tatws). Gall hafau cynhesach a sychach a thymereddau cymedrig uwch hefyd fod yn fuddiol i rai cnydau (e.e. indrawn sy'n sensitif i rew). Byddai tymereddau cynhesach yn ei gwneud yn fwy tebygol y câi cnydau sy'n agored i niwed (er enghraifft, gwenith a chnydau salad) eu niweidio ar dymereddau eithafol. Mae Knox *et al.* (2010), yn awgrymu y gall tymor tyfu hwy arwain at dyfu mwy o gnydau cyfandirol megis blodau'r haul, ffa gwynion, soia, bysedd y blaidd a gwinwydd.
- Mae'r patrwm glaw newidiol (h.y. gaeafau gwlypach a hafau sychach) yn debygol o effeithio ar gynhyrchiant glaswelltiroedd. Mae sychder yn cyfyngu ar dwf glaswellt ac mae hafau sychach yn debygol o gyfyngu ar dwf glaswellt, yn enwedig ar briddoedd lle mae lefel isel o ddŵr ar

⁴ Mae rhagolygon newid yn yr hinsawdd UKCP18 yn cynrychioli cyfartaledd dros 30 mlynedd: mae modelau 2020 ar gyfer allyriadau isel, canolig ac uchel yn cynrychioli'r cyfnod 2010-2039; mae modelau 2050 yn cynrychioli 2040-2069; ac mae modelau 2080 yn cynrychioli'r cyfnod 2070-2099. Mae'r senario isel yn rhagweld cynhesu o 1.8°C erbyn 2100, wedi'i fodelu o Lwbyr Crynhoi Cynrychioliadol (RCP) 4.5, sy'n cynrychioli senario y bydd allyriadau nwyon tŷ gwydr byd-eang yn cyrraedd eu lefel uchaf tua'r flwyddyn 2040, ac yna'n lleihau. Mae'r senario canolig yn rhagweld cynhesu o 2.2°C erbyn 2100, wedi'i fodelu o RCP 6.0 sy'n cynrychioli senario y bydd allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyrraedd eu lefel uchaf tua'r flwyddyn 2080 ac yna'n lleihau. Mae'r senario uchel yn rhagweld cynhesu o 3.7°C erbyn 2100, wedi'i fodelu o RCP 8.5, sy'n cynrychioli senario y bydd allyriadau nwyon tŷ gwydr yn parhau i gynyddu drwy gydol yr 21^{ain} ganrif (Lowe *et al.*, 2018; IPCC, 2019).

gael yn y pridd yn ystod misoedd yr haf (St. Clair *et al.*, 2009). Gall sychder hefyd gynyddu'r risg y bydd tanau gwyllt yn effeithio ar ardaloedd helaeth o dir pori.

- Mae twf glaswellt yn dechrau uwchlaw isafswm tymheredd (5.5°C) a chaiff ei ysgogi gan dywydd cynhesach, ar yr amod bod y pridd yn ddigon llaith. Bydd tymereddau cynhesach yn ymestyn hyd y tymor pori (IGER, 2003) a bydd glaswellt yn dechrau tyfu'n gynharach yn y gwanwyn ac yn parhau'n ddiweddarach yn yr hydref (Thomas *et al.*, 2010). Fodd bynnag, er bod lefelau cynnyrch glaswellt yn gwella o dan amodau cynhesach, maent hefyd yn agored i niwed os bydd llai o leithder ar gael yn y pridd yn ystod sychder (Brown *et al.*, 2016).
- Mae astudiaethau wedi dangos y gall ecosystemau glaswelltiroedd ymaddasu i ddigwyddiadau eithafol (Vicente-Serrano *et al.*, 2012) gan gynnwys addasiadau ffisiolegol i oresgyn heriau straen sychder (Craine *et al.*, 2013) a thanau gwyllt (Bond *et al.*, 2005, Bond a Keeley 2005, Nano a Clarke, 2011). Gall hyn gyfyngu ar effaith newid yn yr hinsawdd ar laswelltiroedd ac mae sawl awdur wedi nodi bod effeithiau newid yn yr hinsawdd ar lefelau cynnyrch deunydd sych glaswelltiroedd a ragwelir yn fach. Er enghraifft, rhagwelodd y model a ddefnyddiwyd gan Qi *et al.* (2018) erbyn 2050, y byddai lefelau cynnyrch o dan senario canolog UKCP09 yn cynyddu i 15.5 a 9.9 tonnall yr hectar ar laswelltiroedd dros dro a pharhaol, yn y drefn honno (o 12.5 a 8.7 tonnall yr hectar) ac ni ragwelwyd unrhyw newid sylweddol yn lefelau cynnyrch porfa arw (2.8-2.7 tonnall yr hectar). Fodd bynnag, bydd cynnydd mewn lefelau cynnyrch deunydd sych yn dibynnu ar ffactorau eraill sy'n rhyngweithio â'i gilydd (Daeppe *et al.*, 2001), cynhyrchiant dŵr a straen dŵr pridd (Deryng *et al.*, 2016).

7 Dylanwadau newid yn yr hinsawdd ar yr angen i ddyfrhau er mwyn cefnogi prosesau cynhyrchu cynyddu yng Nghymru

- Yng Nghymru, mae straen dŵr o ganlyniad i ddiffyg glaw yn llai o risg ar hyn o bryd nag mewn rhanbarthau sychach eraill o'r DU (ASC, 2016). Fodd bynnag, pan fo sychder yn ystod yr haf yn risg, mae dyfrhau yn debygol o ddod yn bwysicach er mwyn cynnal lefelau cynnyrch, o ran cynyddu sy'n cael eu dyfrhau ar hyn o bryd a chnyddau eraill a fwydir â glaw ar hyn o bryd megis gwenith. Bydd y defnydd cynyddol o ddyfrhau yn gofyn am fuddsoddi mewn dulliau storio dŵr ar ffermydd (e.e. cronfeydd dŵr a thanciau dŵr) i gynaeafu dŵr glaw yn ystod y gaeaf neu dynnu dŵr yn ystod y cyfnodau brig (ADAS a Phrifysgol Cranfield, 2014).
- Ceir tystiolaeth bod gallu bioffisegol y tir i gynnal prosesau cynhyrchu amaethyddol wedi newid dros y degawdau diwethaf wrth i'r hinsawdd newid (ASC, 2016). Mae hyd cyfartalog y tymor tyfu wedi ymestyn tua 60 diwrnod gradd dros y cyfnod o 87 mlynedd rhwng 1914 a 2000 i Gymru a Lloegr, gyda chynnydd sylweddol yn ystod degawd diwethaf yr ugeinfed ganrif. Ceir tystiolaeth bod y duedd tuag at dymhorau tyfu hwy a gaeafau mwynach wedi rhoi cyfleoedd i newid i gnyddau a heuir yn yr hydref (ASC, 2016).

7.1 Newid yn yr hinsawdd a gradd ALC ar gyfer 2020, 2050 a 2080⁵.

- Cymhwysodd Keay a Hannam, (2020) drefn rhyngosod hinsawdd Dosbarthiad Tir Amaethyddol (ALC) at senarios UKCP18 er mwyn mapio'r newidiadau i radd ALC dros amser. Mae'r newidiadau a ragwelir yn awgrymu lleihad yn nifer graddau 1 a 2 ALC o dan bob

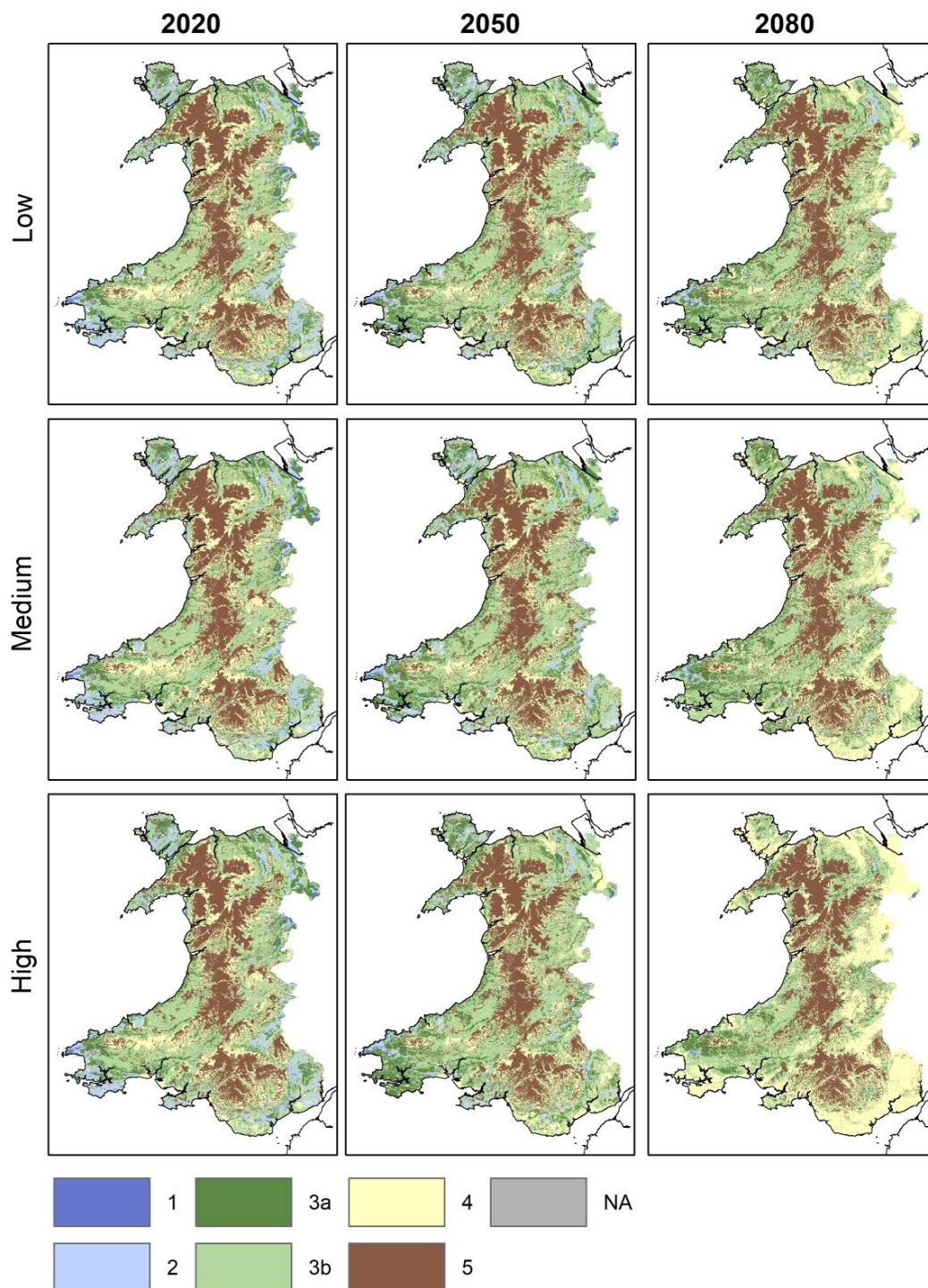
⁵ Mae rhagolygon newid yn yr hinsawdd UKCP18 yn cynrychioli cyfartaledd dros 30 mlynedd: mae modelau 2020 yn cynrychioli'r cyfnod 2010-2039; mae modelau 2050 yn cynrychioli 2040-2069; ac mae modelau 2080 yn cynrychioli'r cyfnod 2070-2099. Er mwyn bod yn gryno, cyfeirir at y rhain fel senarios 2020, 2050 a 2080 yn yr adroddiad hwn.

cyfnod/senario RCP, gydag israddio cychwynnol i radd 3a/3b ALC o dan senario 2050 ac mewn rhai ardaloedd israddio ymhellach i ALC 4 o dan senario 2080 (Ffigur 6). Mae'r senarios RCP canolig ac uchel hefyd yn awgrymu y bydd rhywfaint o dir sydd â gradd 3a/3a ALC ar hyn o bryd yn cael ei israddio i ALC 4 o dan senario 2080, yn enwedig o dan yr RCP uchel.

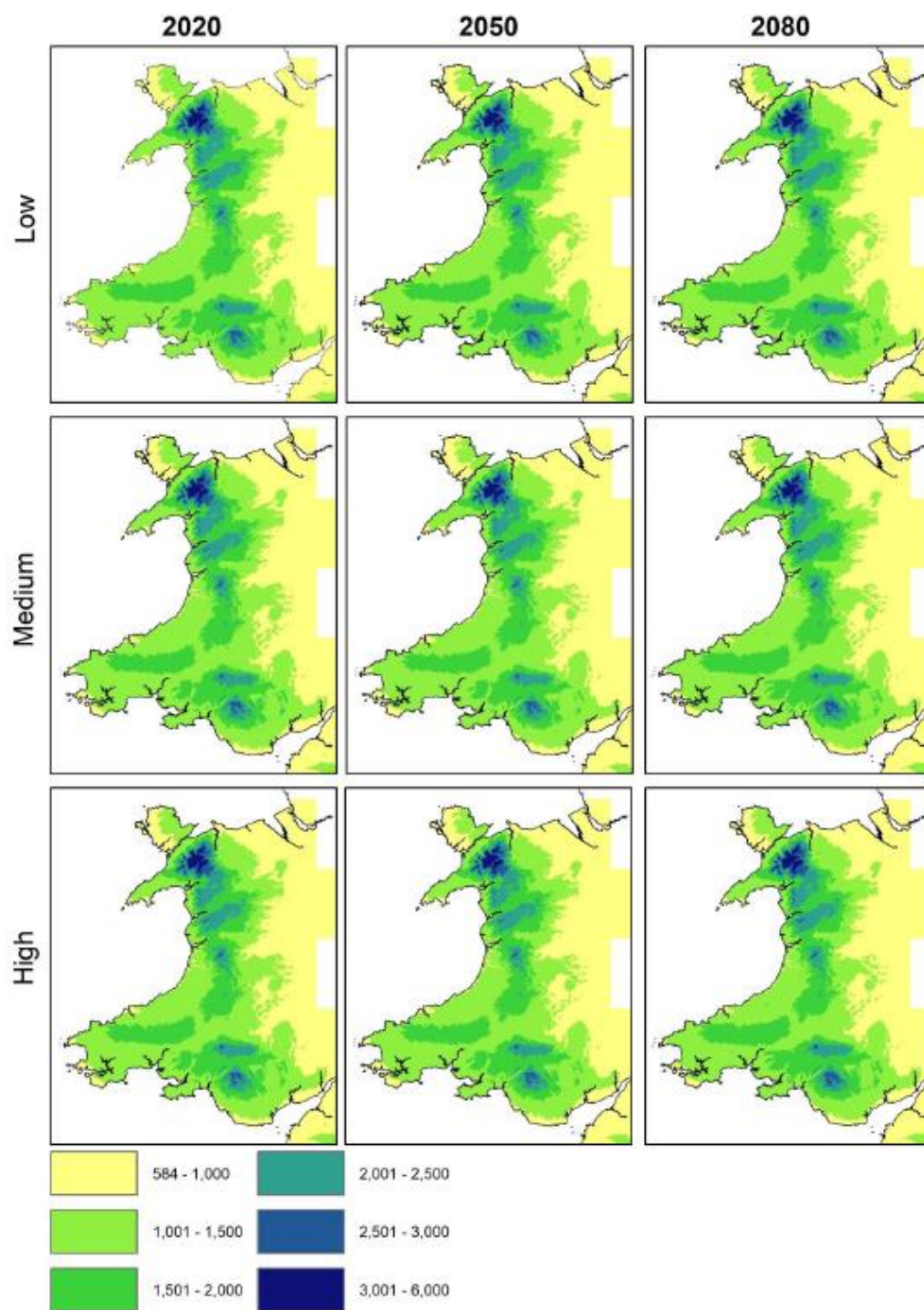
- Lluniodd Keay a Hannam, (2020) fapiau ar gyfer paramedrau hinsawdd unigol hefyd: y cyfartaledd glaw blyneddol (AAR), cyfartaledd glaw yr haf (ASR), hyd canolrifol dyddiau capasiti cae (FCD) a'r tymheredd cronedig canolrifol uwchlaw 0°C o fis Ionawr i fis Mehefin (AT0). Ar gyfer pob paramedr a fapiwyd, dangosir data ar gyfer 2020 (sy'n cynrychioli 2010-2039), 2050 (sy'n cynrychioli 2040-2069) a 2080 (sy'n cynrychioli 2070-2099) o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel.

7.2 Newidiadau mewn tymheredd a glaw

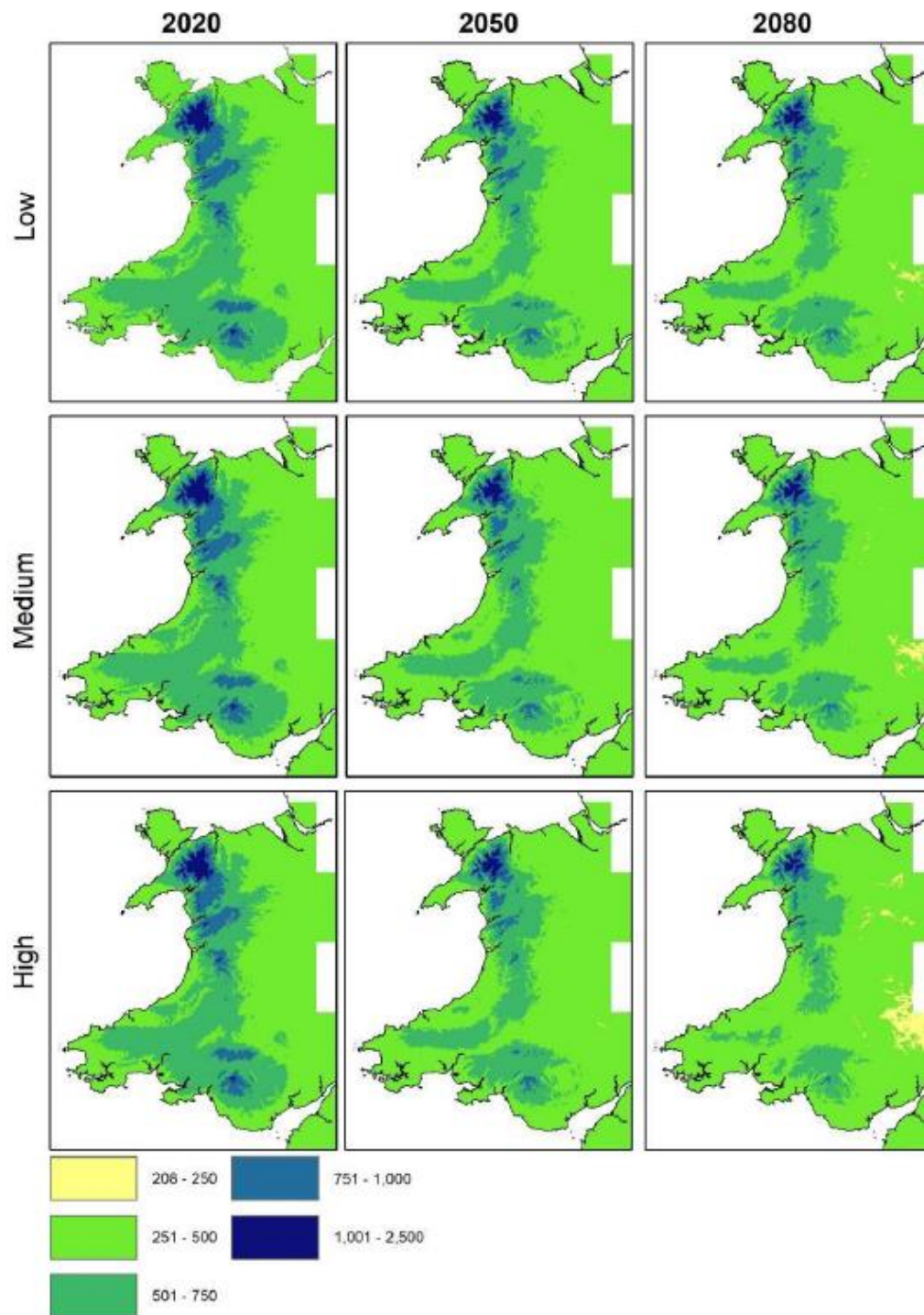
- O ran AAR, mae'r rhagolygon yn awgrymu nad oes fawr ddim newid canfyddadwy yn nosbarthiad glawiad na lefel y glaw i Gymru ar gyfer unrhyw gyfuniadau o gyfnod/senario RCP (Ffigur 7). Fodd bynnag, mae dosbarthiad glaw yn newid rhwng tymhorau. Mae lefelau glaw yn cynyddu yn ystod y gaeaf ac yn gostwng yn ystod misoedd yr haf o 2020 i 2080 o dan bob senario RCP. Mewn cymhariaeth, o ran cyfartaledd glaw yr haf (ASR) yng Nghymru, mae gostyngiad canfyddadwy yn lefel y glaw rhwng cyfnodau ond nid oes fawr ddim gwahaniaeth rhwng senarios RCP isel, canolig ac uchel (Ffigur 8). Yn ne a dwyrain Cymru y gwelir y gostyngiadau mwyaf yn lefelau glaw yr haf, er enghraifft o dan y senario canolig, mae ASR yn Nhorfaen yn gostwng 77 mm o 527 mm yn 2020 i 450 mm yn 2050 ac yn Rhondda Cynon Taf mae'n gostwng 85 mm o 687 mm yn 2020 i 602 mm yn 2050 (Ffigur 9).
- Ar gyfer y cyfnod 2040-2069 (2050), mae mapiau'r rhagolygon yn dangos cynnydd canfyddadwy yn yr AT0 o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel, yn enwedig yn ne-ddwyrain Cymru (Ffigur 10). Er enghraifft o dan y senario canolig, mae AT0 Sir Fynwy yn cynyddu 108°C, o 1,516°C yn 2020 i 1,624°C yn 2050 ac mae AT0 Torfaen yn cynyddu 108°C, o 1,353°C yn 2020 i 1,461°C yn 2050 (Ffigur 11). Yn unol â rhagolygon UKCP18, erbyn 2080, rhagwelir y bydd y tymheredd cronedig yn cynyddu ymhellach ac mae gwahaniaeth canfyddadwy o dan y senarios RCP isel, canolig ac uchel, gyda'r olaf yn rhagweld y cynnydd mwyaf yn AT0 Cymru.



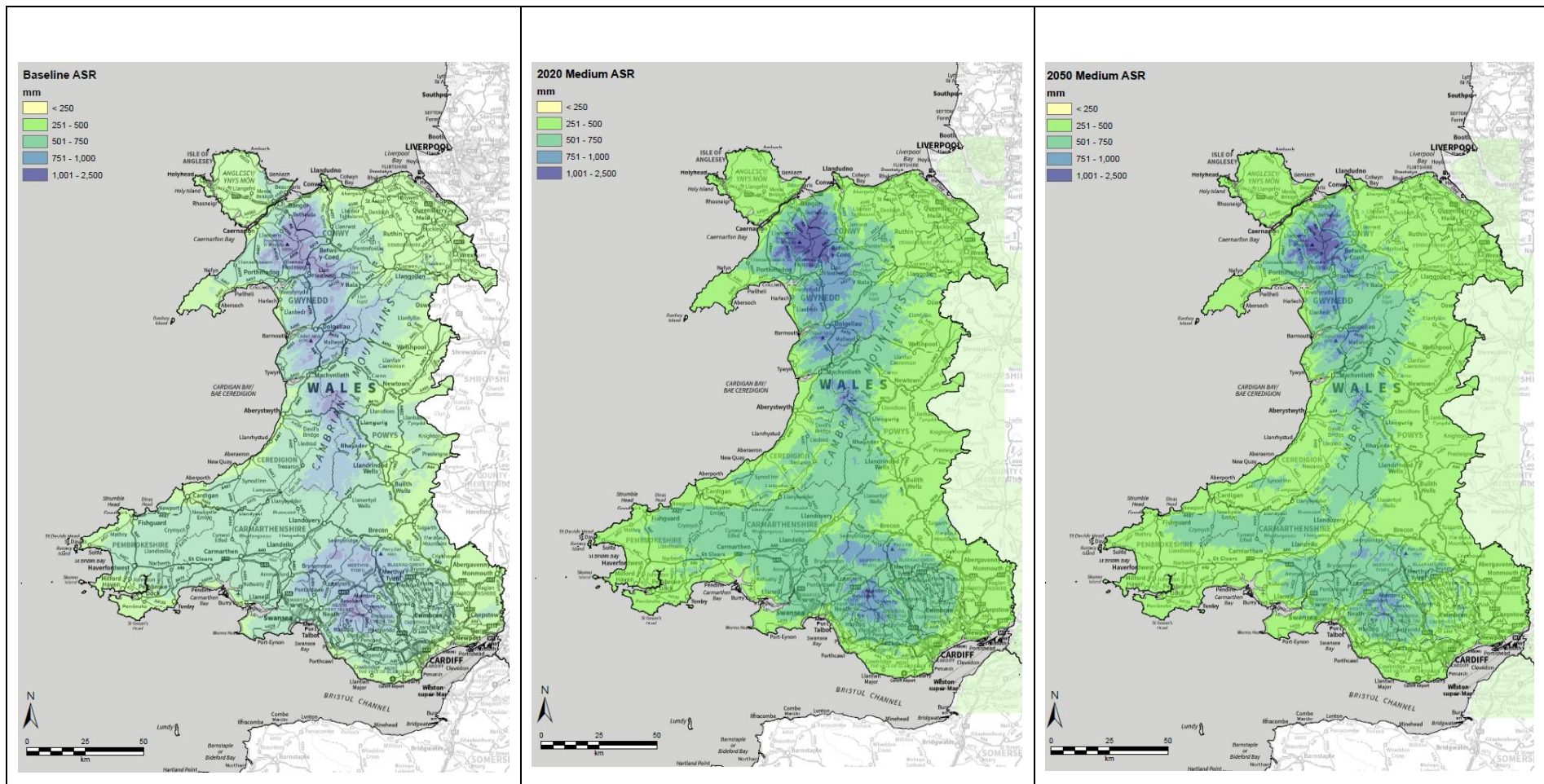
Ffigur 6.Gradd Dosbarthiad Tir Amaethyddol o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel UKCP18 2020, 2050 a 2080 (Ffynhonnell: Keay a Hannam, 2020).



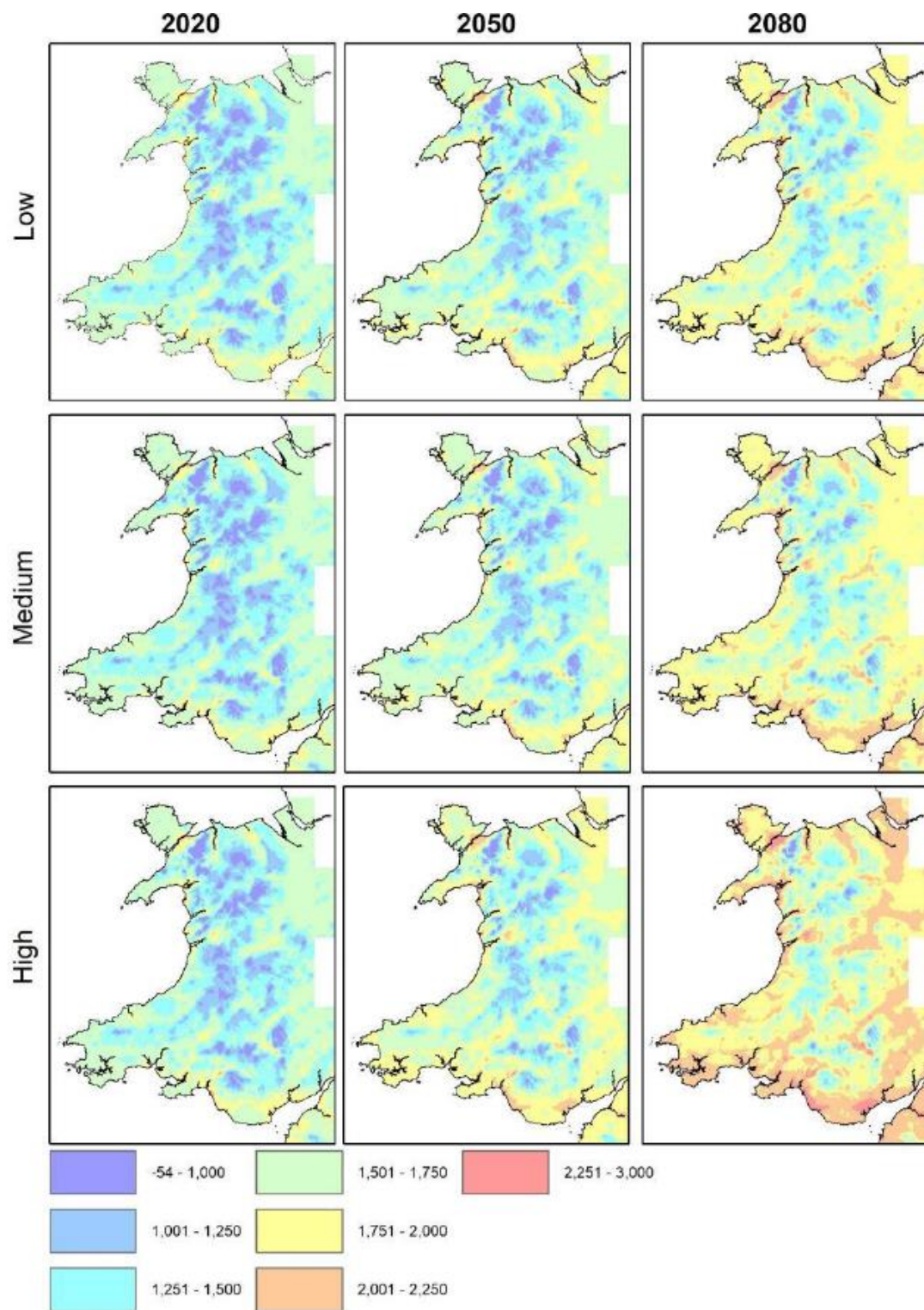
Ffigur 7.Cyfartaledd Glaw Blynnyddol (mm) o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel UKCP18 2020, 2050 a 2080 i Gymru (Ffynhonnell: Keay a Hannam, 2020).



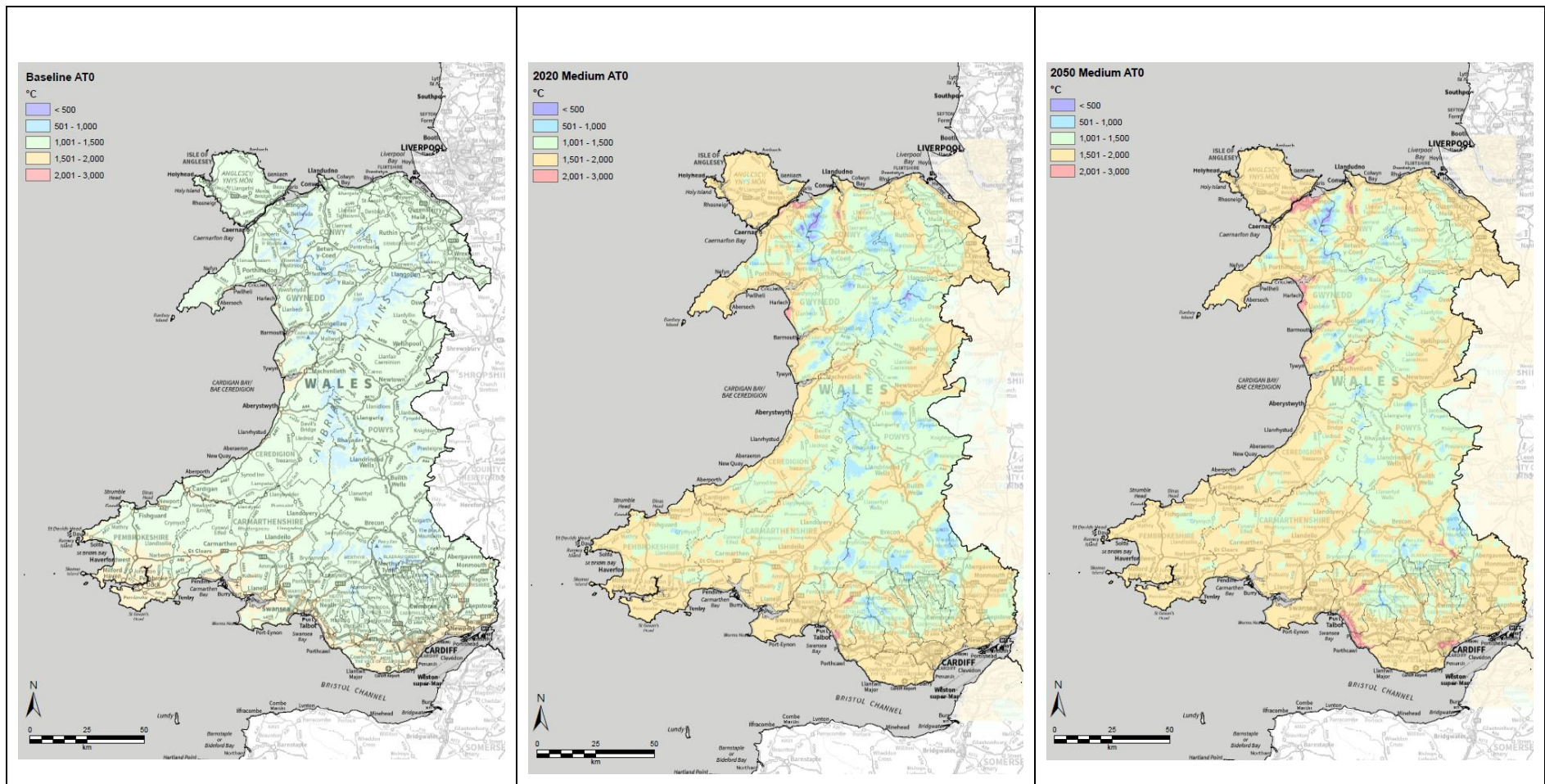
Ffigur 8. Cyfartaledd glaw yr haf (mm) rhwng mis Ebrill a mis Medi o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel UKCP18 2020, 2050 a 2080 i Gymru (Ffynhonnell: Keay a Hannam, 2020).



Figur 9. Cyfartaledd glaw yr haf (mm) rhwng mis Ebrill a mis Medi o dan senario RCP canolog UKCP18 llinell sylfaen (1961-1990), 2020 a 2015 i Gymru.



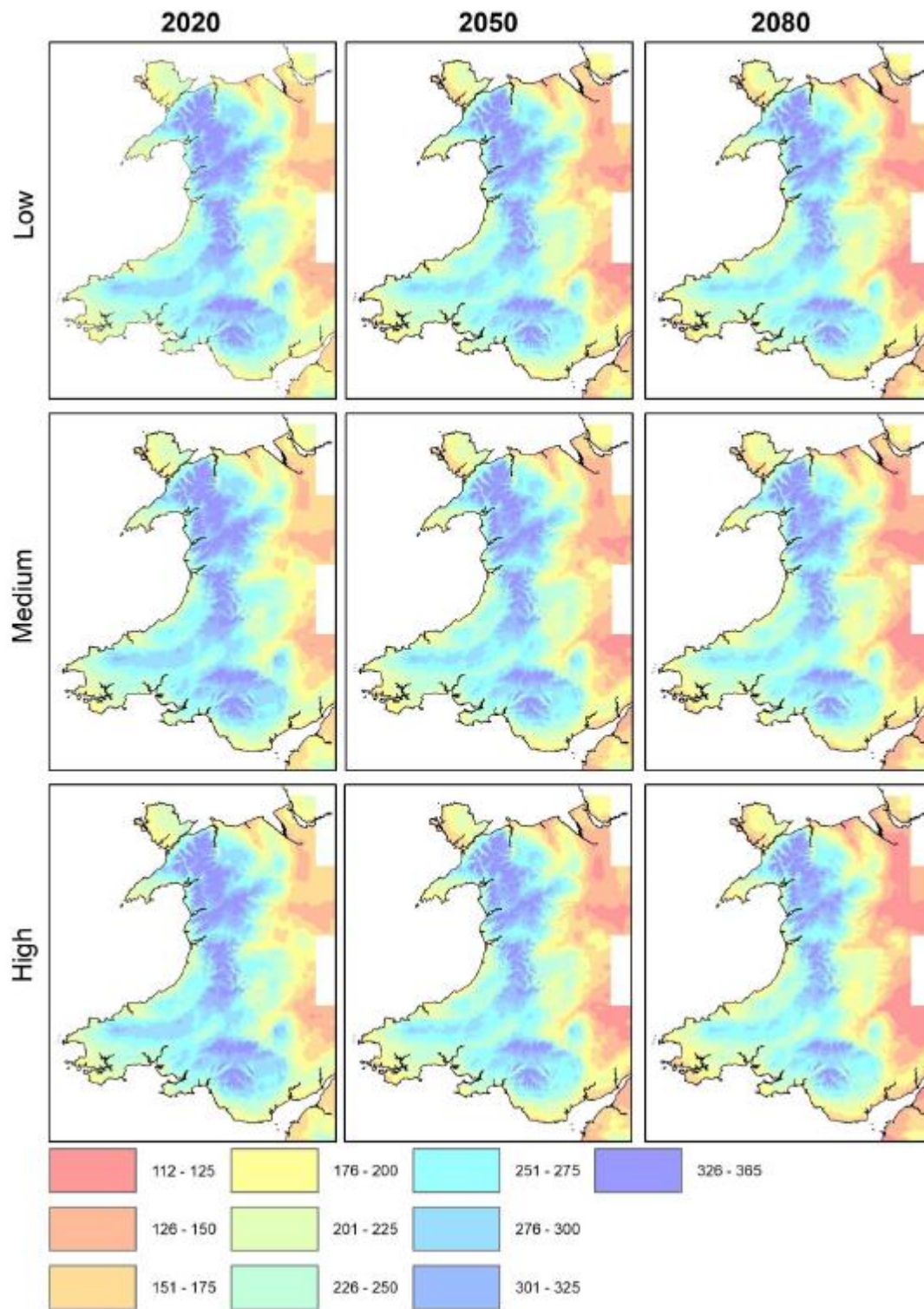
Ffigur 10.Tymheredd cronedig canolrifol uwchlaw 0°C o fis Ionawr i fis Mehefin o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel UKCP18 2020, 2050 a 2080 i Gymru (Ffynhonnell: Keay a Hannam, 2020).



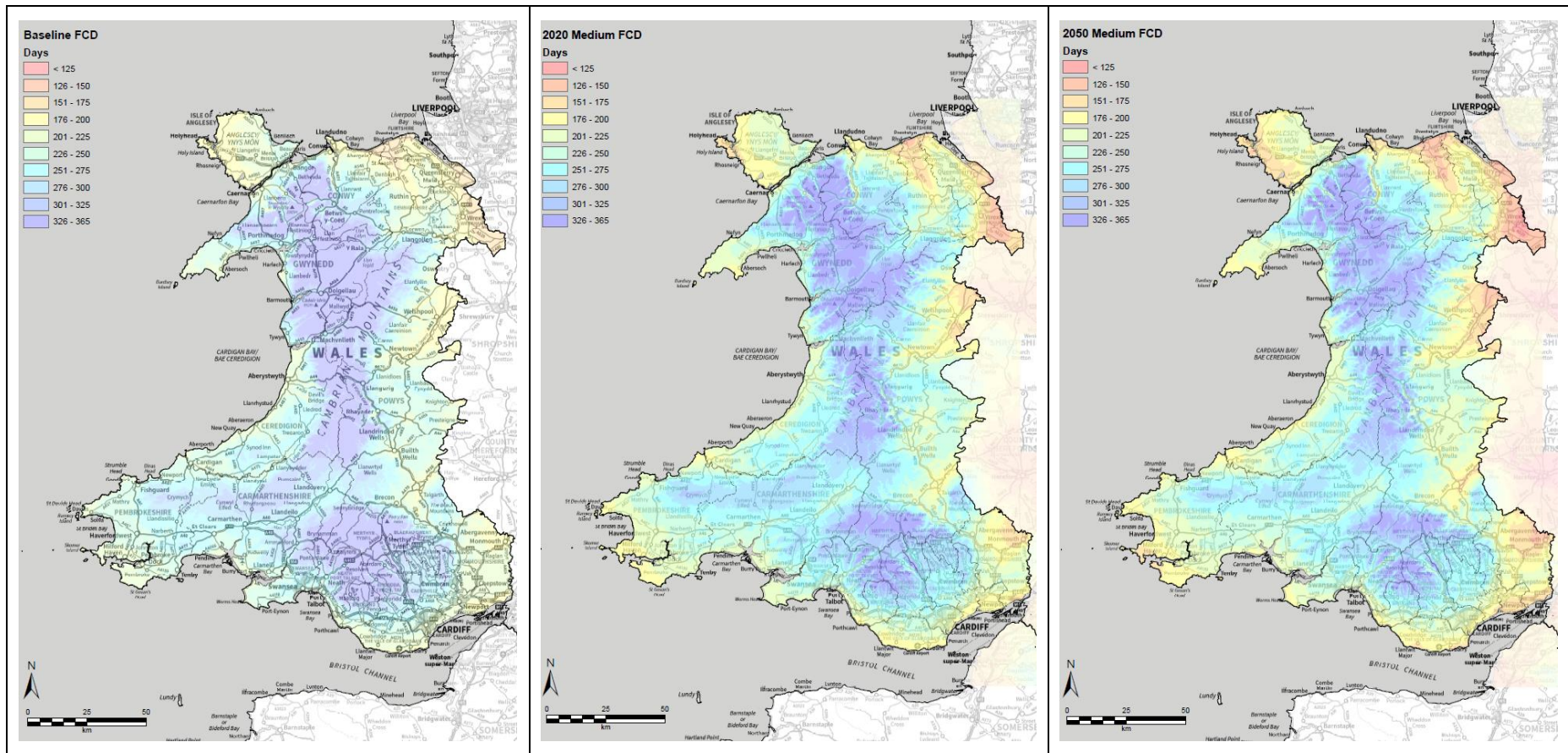
Ffigur 11. Tymheredd cronedig canolrifol uwchlaw 0°C o fis Ionawr i fis Mehefin o dan senario RCP canolog UKCP18 llinell sylfaen (1961-1990), 2020 a 2050 i Gymru

7.3 Dyddiau capasiti cae

- Diffinnir capasiti cae fel y pwynt lle mae'r diffyg lleithder pridd yn ddim, h.y. pan fydd holl fandyllau pridd heblaw'r rhai sy'n draenio drwy rym disgrychiant yn llawn dŵr. Fel arfer, mae priddoedd yn dychwelyd i gapasiti cae yn yr hydref neu ar ddechrau'r gaeaf yn ystod cyfnodau pan fydd mwy o law na sychdarthu, anweddu a thrydarthu. Daw'r cyfnod capasiti cae, a fesurir mewn diwrnodau, i ben yn y gwanwyn pan fydd mwy o sychdarthu, anweddu a thrydarthu na glaw a phan fydd diffyg lleithder yn dechrau cronni.
- Ar gyfer y rhan fwyaf o Gymru, nifer y dyddiau capasiti cae yw >250 diwrnod ar gyfer pob cyfuniad o gyfnod/senario RCP (Ffigur 12). Fodd bynnag, mae senarios newid yn yr hinsawdd yn awgrymu, ar gyfer rhai ardaloedd yng Nghymru (e.e. y de-ddwyrain) gallai nifer y dyddiau capasiti cae leihau yn 2050 a 2080 o gymharu â 2020, sy'n adlewyrchu'r gostyngiad yn lefel glaw yr haf a nodir uchod. Er enghraifft, yn Sir Fynwy o dan y senario RCP canolig, rhagwelir y bydd nifer y dyddiau capasiti cae yn lleihau o 18 diwrnod rhwng 2020 (209 diwrnod) a 2050 (191 diwrnod), Ffigur 13.
- Wrth i batrymau tywydd fynd yn fwy anwadal, bydd y risgiau a gyflwynir o ganlyniad i amrywioldeb y tywydd yn mynd yn fwy critigol o ran cynhyrchu amaethyddol. Mae argaeledd diwrnodau sy'n addas ar gyfer gwaith cae yn dibynnu ar dymheredd a lleithder pridd, a all newid o ganlyniad i newid yn yr hinsawdd (Tomasek *et al.*, 2017).
- Mae argaeledd diwrnod gwaith cae yn dibynnu'n bennaf ar leithder pridd, lle y tybir bod lleithder pridd dros drothwy penodol yn golygu ei bod yn rhy wlyb i'w drin (Earl, 1997). Tybir bod gan briddoedd gwahanol yr un trothwy o ran y gallu i drin os yw lleithder pridd cyfeintiol wedi'i fesur fel canran o gapasiti cae (FC) neu derfyn plastig (PL) y pridd (Rounsevell, 1993).
- Nododd Keay *et al.* (2014), er i AAR aros yn weddol sefydlog rhwng 1921 a 2000, fod glaw ym mis Mawrth a mis Mehefin wedi cynyddu 20-37% a bod glaw ym mis Gorffennaf wedi gostwng >40%. Gallai'r lefelau glaw uwch ym mis Mawrth a mis Mehefin arwain at oedi cyn diwedd y dyddiad FC, a fyddai'n lleihau'r angen i ddyfrhau yn ystod cyfnod tyfu hollbwysig y gwanwyn. Mewn cymhariaeth, mae patrymau glaw yr hydref wedi aros yn sefydlog ond mae tymheredd cronedig AT0 wedi cynyddu o 61 diwrnod gradd rhwng 1914 a 2000. Mae'r tymhereddau uwch yn awgrymu y bydd oedi cyn dychwelyd i gapasiti cae tan yn ddiweddarach yn ystod y flwyddyn. Felly, er nad yw hyd capasiti cae wedi newid ryw lawer yn gyffredinol, bydd yn dechrau'n ddiweddarach (yn yr hydref) ac yn dod i ben yn ddiweddarach (yn y gwanwyn) a fydd yn ffafrio cynydau a heuir yn yr hydref (Keay *et al.*, 2014).



Ffigur 12. Hyd canolrifol capasiti cae (diwrnodau) o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel UKCP18 2020, 2050 a 2080 (Ffynhonnell: Keay a Hannam, 2020).



Ffigur 13. Hyd canolig capasiti cae (diwrnodau) o dan senario RCP canolig UKCP18 llinell sylfaen (1961-1990), 2020 a 2050

8 Newid yn yr hinsawdd a diffyg lleithder pridd

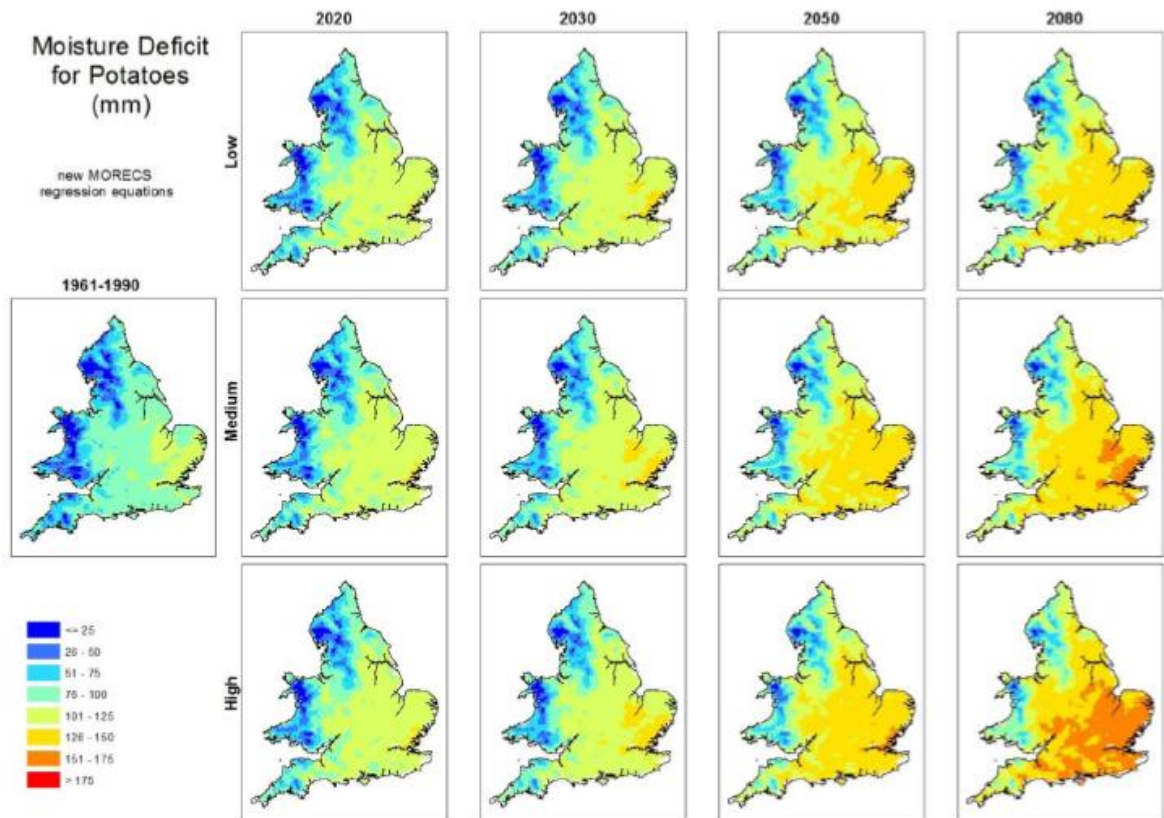
8.1 ALC a diffyg lleithder pridd: Senarios UKCP09

- Ymchwiliodd Keay *et al.* i'r ffordd y gall newidiadau yn yr hinsawdd yn y dyfodol effeithio ar amaethyddiaeth yng Nghymru a Lloegr drwy ddefnyddio'r system ALC fel mesur benthyg. Canolbwyntiodd yr astudiaeth ar y cyfnod 1961-1990 i greu llinell sylfaen y deilliodd cydberthnasau ohoni i'w cymhwyso at senarios newid yn yr hinsawdd yn y dyfodol. Ymchwiliwyd i 12 o senarios newid yn yr hinsawdd fel rhan o Ragolygon Hinsawdd y DU ar gyfer 2009 (UKCP09) sef senarios allyriadau isel, canolig ac uchel ar gyfer y cyfnodau 2020 (2010-2039), 2030 (2020-2049), 2050 (2040-2069) a 2080 (2070-2099). Ar gyfer pob un o'r cyfnodau o 30 mlynedd, cynhaliwyd asesiad o'r radd ALC, drwy ddefnyddio'r paramedrau pridd a safle presennol o'r Rhestr Genedlaethol o Briddoedd ar grid 5 km ledled Cymru a Lloegr.
- Adlewyrchodd Rhagolygon Hinsawdd y DU UKCP09 ddealltwriaeth orau gwyddonwyr ar y pryd o'r ffordd mae'r system hinsawdd yn gweithredu a sut y gallai newid yn y dyfodol. Dylid ystyried bod UKCP09 yn cynnig rhagolygon posibl yn hytrach na rhagfynegiadau sicr o hinsawdd yn y dyfodol. Nid yw'r un senario yn fwy tebygol nag un arall.
- Mae dull meini prawf sychder ALC yn seiliedig ar amcangyfrif o gyfartaledd cydbwysedd lleithder pridd ar gyfer dau gnwd cyfeirio (tatws a gwenith) mewn lleoliad penodol. Cyfrifir cydbwysedd lleithder o ddau baramedr: 1, cynhwysedd dŵr sydd ar gael wedi'i addasu yn ôl cnwd ar gyfer proffil pridd (AP) a 2, diffyg lleithder (MD). Wrth i'r hinsawdd ddod yn gynhesach ac yn sychach yn ystod yr haf, mae'r ffactor sychder yn dechrau cyfyngu mwy ar gynhyrchiant cynydau.
- Aseswyd canran safleoedd y Rhestr Genedlaethol o Briddoedd ym mhob gradd ALC ar gyfer pedwar cyfnod (h.y. 2020, 2030, 2050 a 2080) o'u cymharu â'r llinell sylfaen (1961-1990), o dan senarios allyriadau isel, canolig ac uchel UKCP09. Gostyngodd canran y safleoedd a oedd wedi'u dosbarthu'n Radd 1 ALC o 37% (gwerth llinell sylfaen) i 21-22% yn 2020, 17-19% yn 2030, 10-13% yn 2050 a 7-11% yn 2080 (amrediad: senarios allyriadau isel i uchel). Mewn cymhariaeth, cynyddodd canran y safleoedd a oedd wedi'u dosbarthu'n Radd 4 ALC o 2% (gwerth llinell sylfaen) i 7-8% yn 2020, 11-14% yn 2030, 25-43% yn 2050 a 36-66% yn 2080 (amrediad: senarios allyriadau isel i uchel). Gan fod y radd ALC gyffredinol wedi'i diffinio gan y ffactor mwyaf cyfyngol, rhagwelwyd y byddai ardaloedd mawr iawn o Gymru a Lloegr yn cael eu hisraddio i Radd 4 o ganlyniad i'r risg gynyddol o sychder. Fodd bynnag, noder bod gwaith Keay *et al.* (2014) ond yn gallu cael ei ddefnyddio i nodi tueddiadau yn hytrach na meintiau absoliwt neu union leoliadau unrhyw newid ac ni ddylid dehongli'r canlyniadau ar raddfa leol. Ni phennwyd graddau ar gyfer Cymru a Lloegr yn eu cyfanrwydd.

8.2 Cyfrifo diffyg lleithder pridd

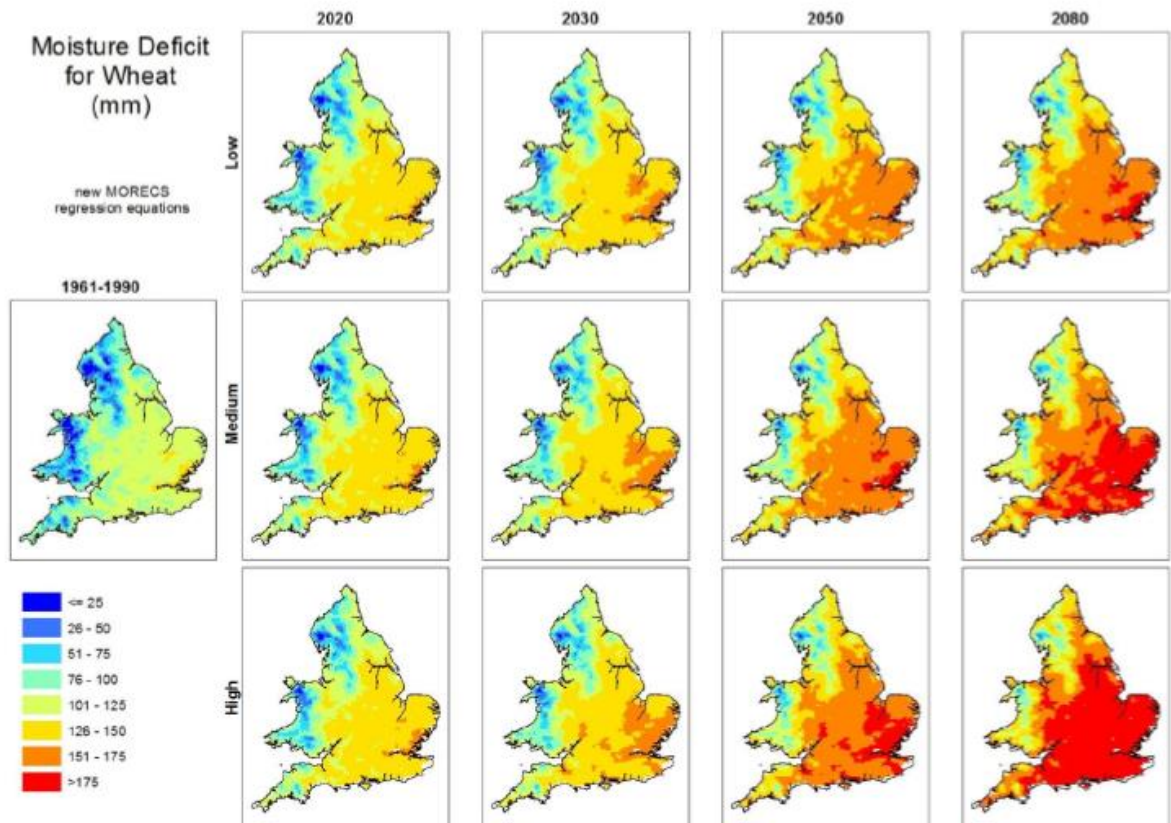
- Mae'r broses o gyfrifo'r diffyg lleithder pridd yn elfen allweddol o asesu sychder pridd yn yr ALC (MAFF, 1988). Mae diffyg lleithder (MD) yn cynrychioli'r cydbwysedd rhwng glaw a sychdarthu, anweddu a thrydarthu posibl (PE) yn ystod cyfran allweddol o'r tymor tyfu ac mae'n newidyn sy'n gysylltiedig â chnwd. Cyfrifir MD (gwenith gaeaf) a MD (tatws) yn seiliedig ar gydberthnasau rhwng cyfartaledd glaw yr haf (ASR, o fis Ebrill i fis Medi) a thymheredd cronedig yr haf (AST, o fis Ebrill i fis Medi) o tua 90 o orsafoedd tywydd rhwng 1960 a 1980. Roedd y gydberthynas yn esbonio tua 90% o'r amrywiad yn yr MD wedi'i addasu yn ôl cnwd.
 - $MD \text{ (gwenith gaeaf)} = 325.4 - 162.3 \log_{10} ASR = 0.08022 \text{ ATS}$
 - $MD \text{ (tatws)} = 326.4 - 196.5 \log_{10} ASR = 0.1127 \text{ ATS}$

- Defnyddiodd Keay *et al.*, (2014) yr hafaliadau atchwelyd uchod i ddechrau i gyfrifo'r cydbwysedd lleithder ar gyfer y senarios newid yn yr hinsawdd Fodd bynnag, pan ddefnyddiwyd yr hafaliadau i ragweld diffyg lleithder yn y dyfodol, roedd y canlyniadau yn eithafol ac erbyn y 2080au, byddai'r wlad gyfan wedi'i hasesu'n Radd 4. O ganlyniad, defnyddiodd yr awduron system cyfrifo glaw ac anweddu'r Swyddfa Feteorolegol (MORECS) i bennu hafaliadau atchwelyd addasedig a ddefnyddiwyd i asesu graddau ALC yn y dyfodol.
 - $MD (gwenith\ gaeaf) = 271.4754 + (-168.802 \times \log_{10} ASR) + (10.00217 \times ATS)$
 - $MD (tatws) = 337.8238 + (-185.614 \times \log_{10} ASR) + (5.849057 \times ATS)$
- Defnyddiwyd yr hafaliadau MORECS newydd i ragweld y diffyg lleithder ar gyfer tatws a gwenith (Ffigur 14 a Ffigur 15) o dan senarios isel, canolig ac uchel UKCP09 y llinell sylfaen, 2020, 2030, 2050 a 2080. O ran tatws, cafwyd MD cychwynnol (1961-1990) o rhwng 0 a 50 mm i Gymru, ac eithrio mewn rhai ardaloedd ar hyd y gororau lle roedd mwy o ddiffyg (50-75 mm). Yn yr un modd, erbyn 2020 a 2030 rhagwelwyd y byddai MD o rhwng 0 a 50 mm yn y rhan fwyaf o ardaloedd yng Nghymru ond roedd MD yn y gororau yn dechrau cynyddu; nid oes fawr ddim gwahaniaeth yn yr MD a ragwelwyd o dan y senario isel, canolig ac uchel. Erbyn 2050, roedd y rhagolygon yn awgrymu cynnydd pellach yn yr MD i >100 mm yn y gororau, a oedd ar ei lefel uchaf o dan y senario RCP uchel. Yn olaf, erbyn 2080, er bod yr MD mewn ardaloedd mawr o ucheldiroedd gorllewin a chanolbarth Cymru yn dal i fod yn isel (h.y. 0-50 mm), yn enwedig o dan y senarios isel a chanolig, roedd y diffyg lleithder a ragwelwyd dipyn yn uwch na rhagolygon y llinell sylfaen. Er enghraifft, ar gyfer ardaloedd yn ne-ddwyrain Cymru, megis Sir Fynwy a Chasnewydd, rhagwelwyd MD o 126-150 neu 151-175 mm, yn dibynnu ar y senario, a oedd yn awgrymu risg uwch o amodau sychder. Mewn cymhariaeth, roedd MD llinell sylfaen Sir Fynwy a Chasnewydd <100 mm (Ffigur 14).
- Mae'r MD a ragwelwyd yn cynyddu ym mhob un o'r prif ardaloedd tyfu tatws (Ynys Môn, Sir Benfro, Sir Fynwy a Phowys) dros amser, sy'n awgrymu angen cynyddol i ddyfrhau.



Ffigur 14. Diffyg lleithder ar gyfer tatws ar gyfer y llinell sylfaen (1961-1990) a rhagolygon UKCP09 ar gyfer 2020, 2030, 2050 a 2080. Ffynhonnell: Keay *et al.*, 2014.

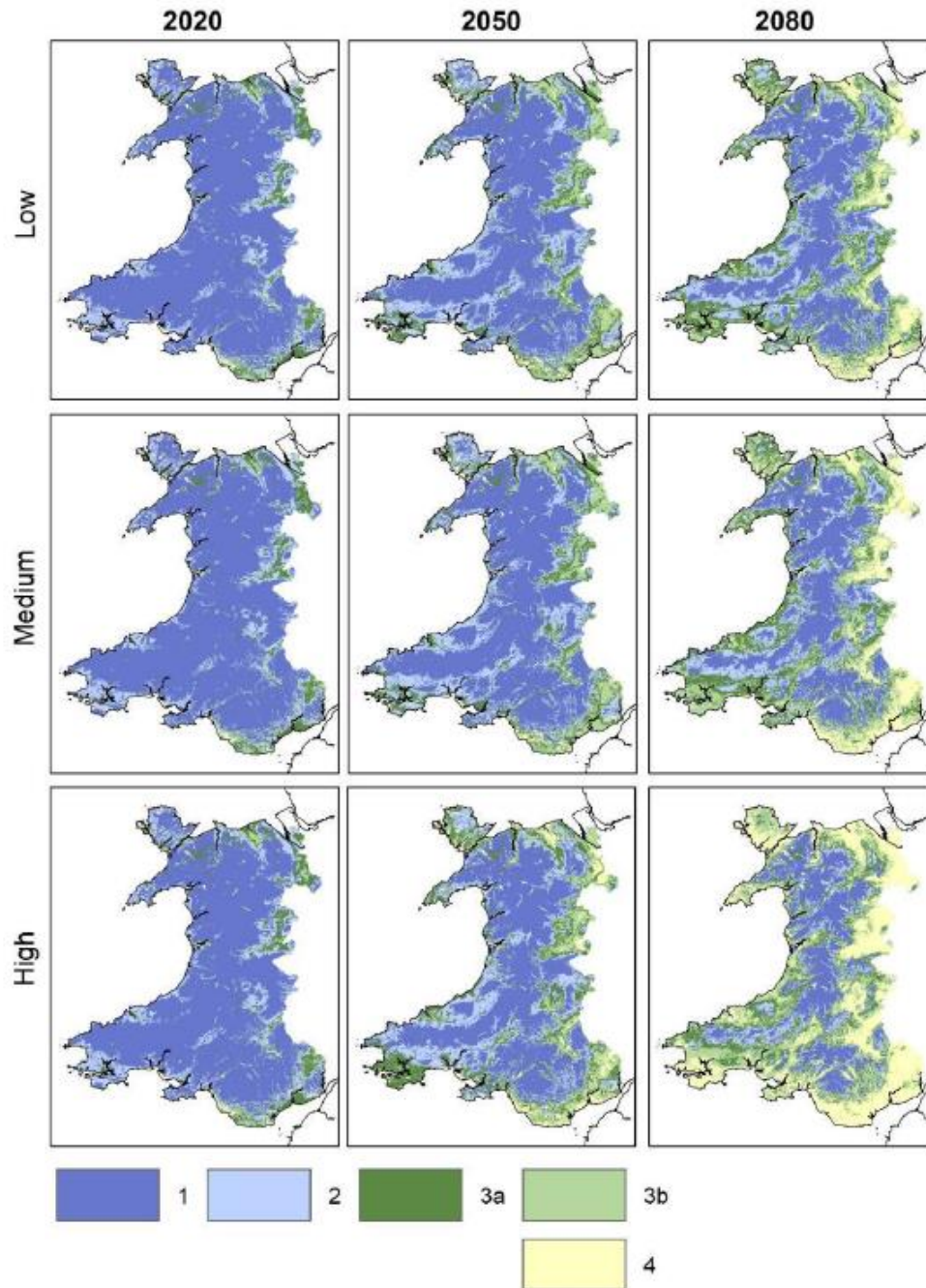
- O ran gwenith, cafwyd MD cychwynnol (1961-1990) o rhwng 0 a 50 mm, ac eithrio mewn rhai ardaloedd ar hyd y gororau lle roedd mwy o ddiffyg (50-75 mm). Ffigur 15 Erbyn 2020 a 2030 rhagwelwyd y byddai MD y rhan fwyaf o ardaloedd yng Nghymru rhwng 0 a 75 mm ond roedd MD yn y gororau yn cynyddu i >100 mm o dan y senarios uchel. Erbyn 2050, awgrymodd y rhagolygon gynnydd pellach yn yr MD ar gyfer y rhan fwyaf o Gymru; rhagwelwyd y byddai MD llawer o ardaloedd >100 mm. Yn olaf, erbyn 2080, dim ond mewn ardaloedd bach yn y gogledd-orllewin ac yn ucheldiroedd Cymru y rhagwelwyd y byddai MD isel (h.y. 0-50 mm) ac mewn ardaloedd mawr roedd yr MD >126 mm. Hefyd, mewn rhai ardaloedd yn y de-ddwyrain megis Sir Fynwy a Chasnewydd, cafwyd MD o 15-175 mm, a oedd yn awgrymu risg uchel o amodau sychder. Mae llawer o'r ardaloedd tyfu gwenith traddodiadol (Bro Morgannwg, Powys, Sir Benfro a Sir Fynwy) yn yr ardaloedd hynny lle y rhagwelwyd y cynnydd mwyaf o ran yr MD.



Ffigur 15. Diffyg lleithder ar gyfer gwenith ar gyfer y llinell sylfaen (1961-1990) a rhagolygon UKCP09 ar gyfer 2020, 2030, 2050 a 2080.Ffynhonnell: Keay *et al.*, 2014.

8.3 ALC a diffyg lleithder pridd:senarios UKCP18

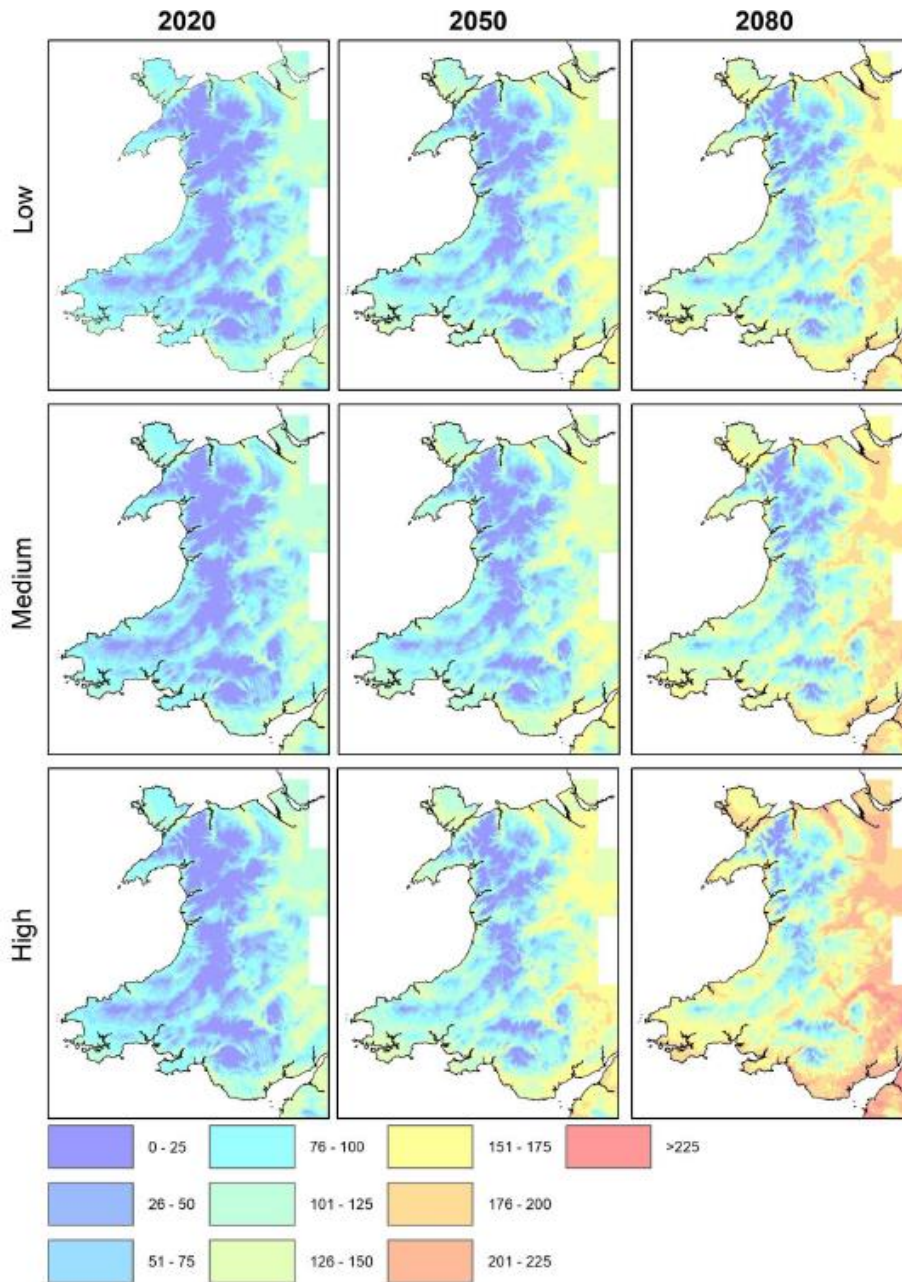
- Yn fwy diweddar, ymchwiliodd Keay a Hannam (2020) i effaith newid yn yr hinsawdd ar ALC yng Nghymru drwy ddefnyddio senarios UKCP18. Yr un oedd y fethodoleg a ddefnyddiwyd gan Keay *et al.* (2014) i gyfrifo'r MD ar gyfer tatws a gwenith â'r hyn a ddisgrifiwyd yn gynharach. Rhagolygon Hinsawdd y DU (UKCP18) yw'r bedwaredd genhedlaeth o wybodaeth am newid yn yr hinsawdd i'r DU ac mae ei ragolygon yn seiliedig ar fethodoleg a luniwyd gan y Swyddfa Feteorolegol. Mae UKCP18 yn adlewyrchu dealltwriaeth orau gwyddonwyr ar y pryd o'r ffordd mae'r system hinsawdd yn gweithredu a sut y gallai newid yn y dyfodol. Dylid ystyried bod UKCP18 yn cynnig rhagolygon posibl yn hytrach na rhagfynegiadau sicr o hinsawdd yn y dyfodol. Nid yw'r un senario yn fwy tebygol nag un arall.
- Nid yw'r rhan fwyaf o Gymru wedi'i chyfyngu gan sychder yn y llinell sylfaen (mae >90% o'r ardal wedi'i ddosbarthu'n Radd 1 o ran sychder). Mae hyn hefyd yn wir am 2020 (mae 73% wedi'i ddosbarthu'n Radd 1) ond mae rhai ardaloedd yn dechrau israddio o ran meini prawf sychder. Erbyn 2050 a 2080, mae llawer o ardaloedd yng Nghymru (y gororau, Sir Benfro, Ynys Môn a'r gogledd) yn cael eu hisraddio'n sylweddol o ganlyniad i gyfyngiadau sychder. Mae hyn yn tybio nad yw cynydau yn cael eu dyfrhau.
- Yn yr un modd, o ran y diffyg lleithder pridd a gyfrifwyd gan Keay *et al.*, (2014) o senarios UKCP09 mae'r MD yn cynyddu'n sylweddol rhwng 2020 a 2080. Gwelir y diffygion mwyaf yn y gororau, y de, Sir Benfro ac Ynys Môn, Ffigur 16.



Ffigur 16. Gradd ALC yn ôl sychder o dan senario RCP UKCP18 (Ffynhonnell: Keay a Hannam, 2020).

- O ran tatws, nid oes fawr ddim gwahaniaeth yn yr MD a ragwelwyd o dan senarios 2020 ac mae'r rhagolygon yn awgrymu bod MD rhwng 0-75 mm yn y rhan fwyaf o Gymru (Ffigur 17). Yn yr un modd, nid yw'r rhagolygon ar gyfer 2050 yn wahanol iawn i'w gilydd o dan y senarios isel, canolig neu uchel. Fodd bynnag, erbyn 2050, rhagwelir y bydd yr MD rhwng 136 a 175 mm mewn ardaloedd cynyddol o Gymru, yn enwedig Sir Fynwy, Bro Morgannwg a Phowys. Erbyn 2080, mae'r gwahaniaeth rhwng y senarios isel, canolig ac uchel yn fwy amlwg. O dan y senarios RCP uchel, rhagwelir y bydd yr MD >200 mm ar gyfer llawer o ardaloedd yn y gororau.
- Yn unol â'r rhagolygon sy'n seiliedig ar UKCP09 (Keay *et al.*, 2014), mae'r MD yn cynyddu yn y prif ardaloedd tyfu tatws (Ynys Môn, Sir Benfro, Sir Fynwy a Phowys) dros amser, sy'n

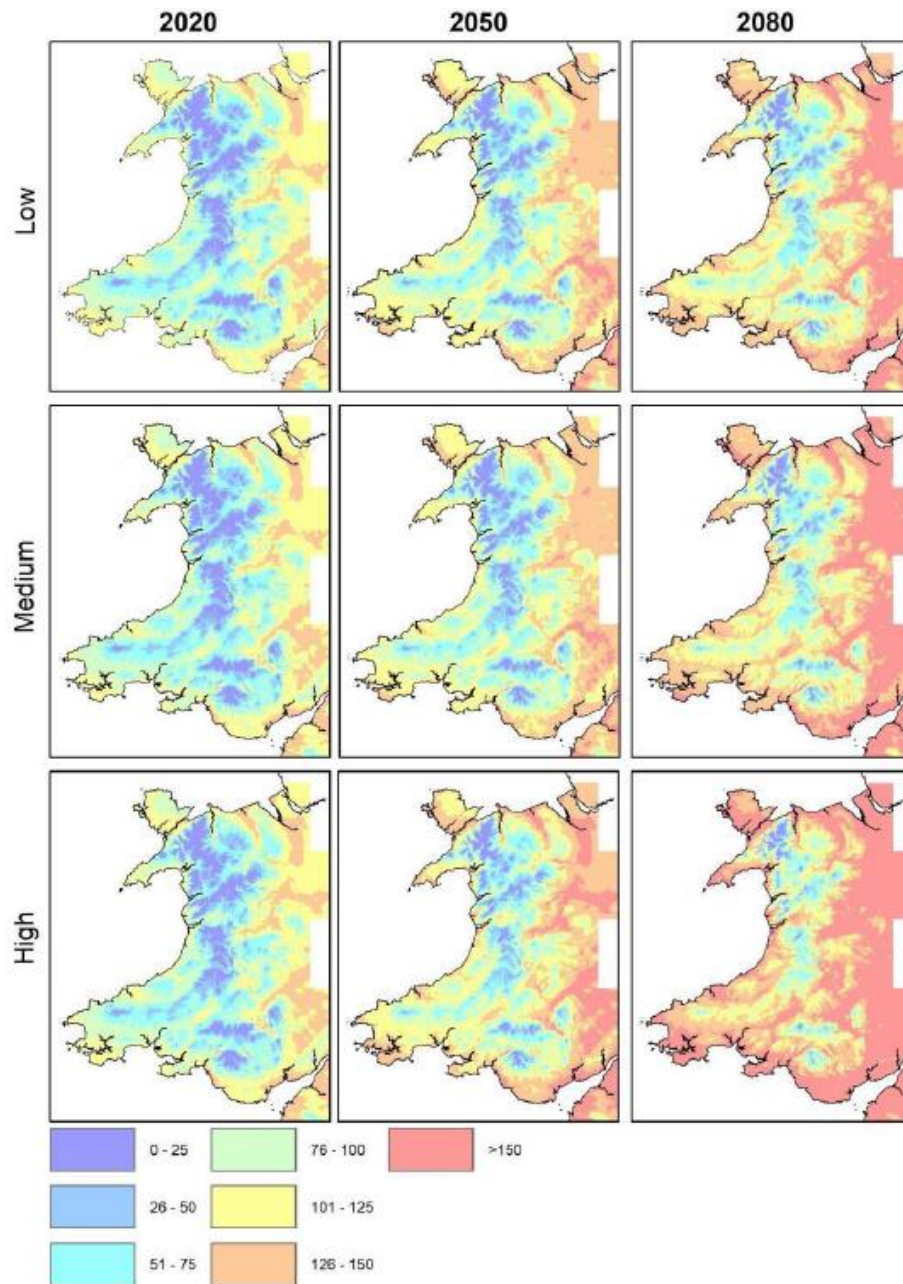
awgrymu angen cynyddol i ddyfrhau. Er enghraifft, roedd yr MD yn Ynys Môn <100 mm yn 2020 (o dan senarios isel, canolig ac uchel) gan gynyddu i >150 mm erbyn 2080 o dan y senarios RCP uchel.



Ffigur 17. Diffyg lleithder wedi'i addasu yn ôl cnwd tatws (mm) o dan senarios RCP UKCP18 (Ffynhonnell:Keay a Hannam, 2020).

- O ran gwenith, mae'r rhagolygon yn awgrymu nad oes fawr ddim gwahaniaeth yn yr MD o dan y senarios isel, canolig ac uchel yn 2020, gyda MD o rhwng 0 a 75 mm yn y rhan fwyaf o Gymru (Ffigur 18). Hefyd, nid yw'r rhagolygon ar gyfer 2050 yn wahanol iawn i'w gilydd o dan y senarios isel, canolig neu uchel. Fodd bynnag, erbyn 2050, rhagwelir y bydd yr MD mewn ardaloedd cynyddol o Gymru o dan wenith rhwng 126 a 150 mm, yn enwedig yn Sir Fynwy, Bro Morgannwg a Phowys. Erbyn 2080, mae'r gwahaniaeth rhwng y senarios isel, canolig ac uchel yn fwy amlwg. O dan y senarios RCP uchel, rhagwelir y bydd MD o >150 mm ar gyfer

llawer o'r ardaloedd tyfu gwenith traddodiadol yn y gororau, Ynys Môn, Sir Benfro a Bro Morgannwg, sy'n awgrymu risg uchel o amodau sychder.



Ffigur 18. Diffyg lleithder wedi'i addasu yn ôl cnwd gwenith (mm) o dan senarios RCP UKCP18 (Ffynhonnell:Keay a Hannam, 2020).

9 Dyfrhau

- Mae dyfrhau yn rheoli lefel y glaw a'i argaeledd tymhorol er mwyn sicrhau bod y cyflenwad dŵr yn cyfateb i anghenion amaethyddol. Dros y 25 mlynedd diwethaf, bu cynnydd sylweddol yng nghyfraddau dyfrhau cnydau gwerth uchel, yn enwedig tatws a llysiau maes, sydd i'w briodoli i alwadau archfarchnadoedd am gyflenwad cyson a pharhaus o gynnyrch o ansawdd uchel (Knox *et al.*, 2013).
- Y dulliau dyfrhau mwyaf cyffredin a ddefnyddir yn y DU (Ffigur 19) yw pibellau dŵr gyda chwistrellwyr gwn dŵr neu chwistrellwyr braich (a ddefnyddir ar gyfer 95% o'r dŵr a ddefnyddir ar gnydau â'r yn y DU); mae dulliau dyfrhau drwy ddiferu neu ysgeintio yn llawer llai cyffredin (ADAS, 2007). Fel arfer, ni chaiff gwenith ei ddyfrhau.

Overhead rain guns are the main method of application and are cheap and versatile. They can be efficient, but are prone to uneven application, which can lead to over-watering in some areas. They need correct management of pressure, nozzle size and gun angle to account for variable application conditions.



Boom irrigation improves uniformity of water application, especially for scab control, but use can be restricted due to topography, layout, 'field furniture' and soil type. High application rates can lead to run-off, soil slumping and ridge erosion.



Sprinkler systems reduce the labour requirement during the season and offer improved uniformity and the ability to apply small doses frequently, but capital costs are higher. Sensitive soils are protected from structural damage.

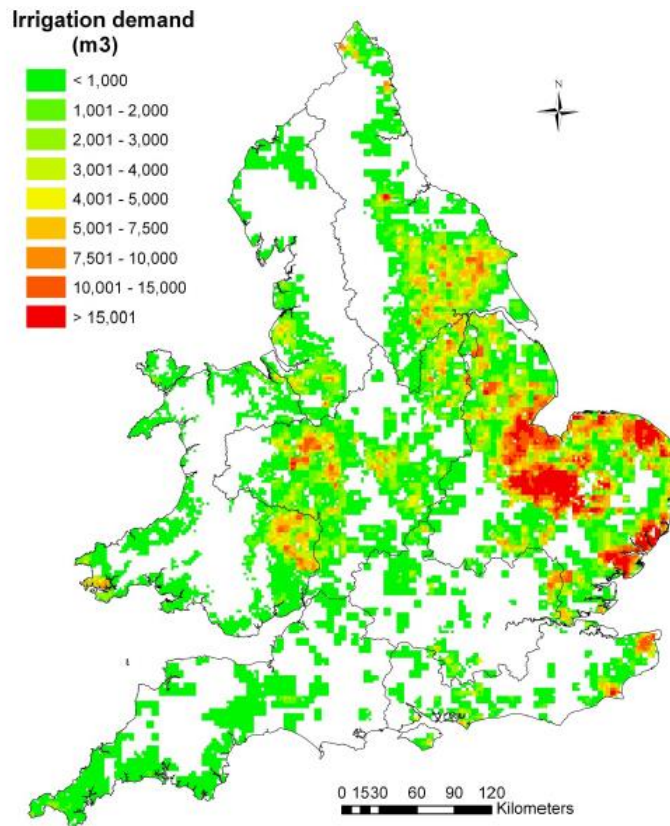


Drip irrigation is more costly, but can be highly effective, applying water uniformly across large areas, if the pipe and emitter spacing are appropriate for the soil texture. Its operation needs careful management, including use of probes to measure soil water. It is possible to use less than one line per row with heavier soils, which can improve irrigation efficiency by up to 32 per cent.

Ffigur 19. Dulliau dyfrhau ar gyfer tatws (Ffynhonnell:AHDB, 2018).

- Gellir defnyddio systemau dyfrhau i 'unioni' unrhyw ddiffyg lleithder a gwella potensial tir amaethyddol, yn enwedig mewn ardaloedd sychach. Mae'r galw am ddyfrhau yn amrywio'n sylweddol o flwyddyn i flwyddyn, yn dibynnu ar gynnwys dŵr pridd a reolir yn bennaf gan law, tymheredd a gwedd a strwythur pridd. Mae lefel glaw yr haf yn arbennig o bwysig o ran rheoli anghenion dyfrhau. Mae prosesau dyfrhau yng Nghymru a Lloegr yn defnyddio rhwng 1 a 2% o gyfanswm y dŵr a ddefnyddir, ond gallant dynnu'r lefel uchaf o ddŵr o rai dalgylchoedd yn ystod hafau sych (Knox *et al.* 2013). Yn East Anglia a Swydd Lincoln y gwelir y lefelau uchaf o dynnu dŵr at ddibenion dyfrhau (Knox *et al.*, 2020)
- Mae'r galw am ddyfrhau yn isel yng Nghymru, ar y cyfan, am fod lefelau glaw yn ystod y tymor tyfu yn ddigonol, fel arfer, i fodloni gofynion y rhan fwyaf o gnydau. Fodd bynnag, mewn rhai ardaloedd yng Nghymru, nid oes fawr ddim cyfle i dynnu rhagor o ddŵr wyneb yn ystod yr haf am fod dŵr eisoes wedi ei 'or-drwyddedu' neu'n cael ei 'or-dynnu' (Knox *et al.*, 2013), er enghraifft yn nalgylch afon Gwy.
- Efallai y bydd polisi'r Llywodraeth yn y dyfodol yn gwneud diwygiadau deddfwriaethol sylweddol i'r gyfundrefn trwyddedu tynnu dŵr er mwyn gostwng lefelau gordynnu ac adfer llifoedd amgylcheddol. Bydd hyn yn cyflwyno costau ychwanegol yn gysylltiedig â thrwyddedu ac efallai y bydd yn ei gwneud yn anos cael caniatâd i ddyfrhau tir. Fodd bynnag, am fod cost y dŵr dyfrhau yn cyfrif am ddim ond 5-7% o gyfanswm y costau dyfrhau, nid yw'r galw am ddŵr yn ymateb i'r pris ar hyn o bryd (Morris *et al.* 2004).
- Mae dyfrhau yn ddefnydd darvoudadwy (hynny yw, ni chaiff y dŵr ei ddychwelyd i'r amgylchedd yn y byrdymor) ac mae'n digwydd yn bennaf yn yr ardaloedd sychaf yn y blyneddau sychaf a'r misoedd sychaf pan fo adnoddau yn fwyaf cyfyngedig (Knox *et al.*, 2010). O ganlyniad, mae'n bosibl mai gweithgarwch dyfrhau fydd yn tynnu'r lefel uchaf o ddŵr mewn rhai dalgylchoedd yn ystod hafau sych (Watts *et al.*, 2015). Mae hyn yn creu gwrthdaro â galwadau eraill am ddŵr, yn enwedig y rhai ar gyfer cyflenwadau dŵr cyhoeddus a mesurau i ddiogelu'r amgylchedd.
- Lle mae dyfrhau yn cael ei ddefnyddio yn y DU ar hyn o bryd, mae tynnu dŵr yn ystod yr haf yn mynd yn gynyddol annibynadwy i lawer o deiliaid trwydded tynnu dŵr, ac mae'n amhosibl cael trwyddedau newydd ar gyfer yr haf mewn llawer o ddalgylchoedd (Weatherhead *et al.*, 2014). Fodd bynnag, fel arfer mae'n bosibl tynnu dŵr yn ystod y gaeaf a/neu pan fo llifoedd yn uchel, a gall ddarparu adnodd mwy dibynadwy. Er mwyn adeiladu cronfa ddŵr mae angen cael caniatâd cynllunio a chydymffurfio â Deddf Cronfeydd Dŵr 1975 ac mae'n rhaid i gronfeydd dŵr uchel ($\geq 25,000 \text{ m}^3$) gael eu cynllunio gan beiriannydd cymwys a'u cofrestru â'r rheoleiddiwr amgylcheddol. Oherwydd y buddsoddiad cyfalaf sylweddol sydd ei angen, ar gyfer dyfrhau cnydau gwerth uchel a/neu lle mae dibynadwyedd y cyflenwad yn bwysig (e.e. contractau ag archfarchnadoedd) y mae cronfeydd dŵr ar ffermydd yn fwyaf addas.
- Cyfrifodd Knox *et al.* (2013) y galw cyfeintiol am ddŵr at ddibenion dyfrhau i Gymru a Lloegr ar gyfer blwyddyn sych 'ddylunio' o 85 miliwn m^3 yn seiliedig ar y patrwm defnydd tir yn 2010. Mae'r flwyddyn sych 'ddylunio' yn hafal i'r 5ed flwyddyn sychaf o bob 20. Roedd bron 70% o'r galw am ddŵr ar gyfer dyfrhau tatws, roedd 12% ar gyfer betys siwgr, roedd 11% ar gyfer glaswellt ac roedd 6% r gyfer llysiau; roedd ardaloedd bach o gnydau yd, ffrwythau meddal a pherllannau hefyd yn cael eu dyfrhau. I Gymru, cyfrifodd Knox *et al.* (2013) alw dyfrhau cyfeintiol o 3.5 miliwn m^3 , yr oedd dros 90% ohono ar gyfer tatws. Fodd bynnag, noder i'r galw hwn gael ei gyfrifo ar gyfer rhanbarth Asiantaeth yr Amgylchedd a ddiffiniwyd fel Cymru, yn hytrach na'r wlad gyfan (Ffigur 20), felly mae'r galw am ddyfrhau yn debygol o fod yn uwch.

- Modelodd Knox *et al.* (2013) y galw i ddyfrhau yn y dyfodol yn y 2050au o dan bedwar senario a ragwelwyd gynnydd yn y galw am ddŵr dyfrhau o rhwng 40 a 167%, h.y. 1. Arloesi (+157%), 2. Galw heb ei reoli (+167%), 3. Ymddygiad cynaliadwy (+56%) a 4. Cadernid lleol (+40%).



Ffigur 20. Y galw cyfeintiol am ddŵr dyfrhau (m³) ar gyfer tatws yng Nghymru a Lloegr a fodelwyd drwy flwyddyn sych ddylunio (Ffynhonnell:Knox *et al.*, 2013).

9.1 Amserlenni dyfrhau

- Mae'r galw am ddyfrhau yn adlewyrchu gallu storio dŵr pridd (SWS) a ddiffinnir fel cyfanswm y dŵr sy'n cael ei storio yn y pridd ym mharth gwreiddiau'r planhigyn a bennir yn ôl math o bridd a dyfnder gwreiddiau cnwd. Mae parth gwreiddiau dyfnach yn cynnig cronfa fwy o ddŵr i'r cnwd ei amsugno rhwng digwyddiadau dyfrhau. Defnyddir gallu storio dŵr pridd i fesur cyfaint ac amllder digwyddiadau dyfrhau. Er enghraifft, byddai cyfanswm y dŵr a ddefnyddir ar un tro ar bridd tywodlyd, sydd â gallu storio dŵr pridd isel, yn llai na'r hyn a ddefnyddir ar gyfer pridd lôm, sydd â gallu storio dŵr pridd uwch. Defnyddir cyfernod argaeledd i gyfrifo canran y dŵr dyfrhau a gyflenwir sydd ar gael yn hawdd i'r planhigyn.
- Wrth wraidd amserlennu dyfrhau mae dull o fesur SMD, a all fod yn seiliedig ar fantolenni cyfrifiadurol neu rai a lenwir â llaw neu fesuriadau uniongyrchol o leithder pridd. Mae diffygion lleithder pridd sy'n sbarduno dyfrhau yn amrywio o 15 mm i 75 mm ac maent yn dibynnu ar ddyfnder gwreiddiau, y math o bridd, y cnwd a chywirdeb y cyfarpar a ddefnyddir (ADAS, 2003). Fel arfer, diffinnir y trothwy fel $AWC \times 0.5$ (h.y. 50% o AWC). Fodd bynnag, ar briddoedd sydd ag AWC isel, efallai y bydd angen i'r trothwy fod yn is pan fydd cyfraddau sychdarthu, anweddu a thrydarthu yn uchel. Er mwyn asesu trefniadau dyfrhau addas, gellir rhannu priddoedd yn dri dosbarth, pob un â lefelau gwahanol o argaeledd dŵr ar ddyfnder penodol (Tabl 4); mae'r rhan fwyaf o briddoedd yn nosbarth B (ADAS, 2007). Mae Tabl 5 yn

dangos rhai amserlenni dyfrhau ar gyfer amrywiol fathau o datws a dyfir ar briddoedd sydd â gwahanol AWC.

Tabl 4. Dosbarthiadau o argaeledd dŵr (Ffynhonnell:ADAS, 2003; 2007).

Dosbarth	Argaeledd dŵr	Mathau enghreifftiol o bridd
Dosbarth A	Argaeledd dŵr pridd isel ≤60 mm o ddŵr/500 mm o ddyfnder pridd AWC ≤12.5%	Tywod bras, Tywod bras priddgleiog, tywod priddgleiog
Dosbarth B	Argaeledd dŵr pridd isel 60-100 mm o ddŵr/500 mm o ddyfnder pridd AWC 12.5-20%	Tywod priddgleiog, lôm, lôm cleiog gwaddodlyd
Dosbarth C	Argaeledd dŵr pridd isel >100 mm o ddŵr/500 mm o ddyfnder pridd AWC >20%	Tywod mân iawn, mawn, lôm mawnog

Tabl 5. Amserlenni dyfrhau enghreifftiol ar gyfer tatws (Ffynhonnell:ADAS *et al.* 2005).

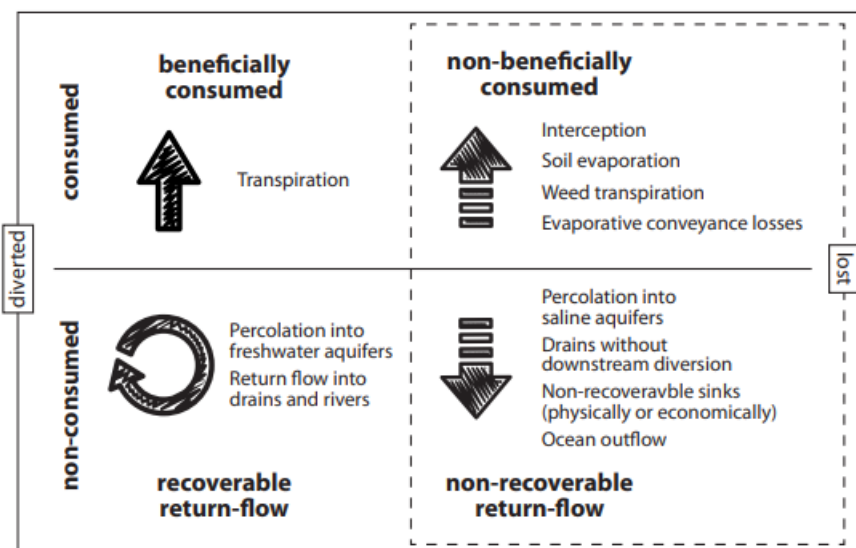
Is-rywogaeth a math o bridd	10% o orchudd cnwd i 6 wythnos ar ôl ymffurfio'r cloron*	6 wythnos ar ôl ymffurfio'r cloron i ganol mis Awst	Canol mis Awst i ddysychiant
Is-rywogaeth estima ar gyfer hanes cyn pecynnu o grach tatws (pridd lôm gwaddodlyd)	10 mm @ 12 mm SMD	25 mm@ 40 mm SMD	20 mm @ 50 mm SMD
	20% o orchudd cnwd i 4-5 wythnos ar ôl ymffurfio'r cloron	4-5 wythnos ar ôl ymffurfio'r cloron i gynhaef hwyr	
Lady Rosetta crisping (tywod priddgleiog)	20 mm @ 25 mm SMD	25 mm@ 35 mm SMD	
	15% o orchudd cnwd i 4-5 wythnos ar ôl ymffurfio'r cloron	4-5 wythnos ar ôl ymffurfio'r cloron i ddiwedd mis Awst	Diwedd mis Awst i ddysychiant
Maris Piper ar gyfer	15 mm @ 15-18 mm SMD	25-30 mm@ 35-40 mm SMD	18 mm @ 35 mm SMD

sglodion (lôm tywodlyd)			
----------------------------	--	--	--

*Cloron yn ymffurfio

9.2 Effeithlonrwydd strategaethau dyfrhau

- Mae lefelau effeithlonrwydd dyfrhau presennol yn aml islaw 50%, am fod llawer o'r dŵr a ddargyfeirir yn cael ei golli yn y system gludo neu drwy ddefnydd aneffeithlon ar y planhigion (Jägermeyr *et al.*, 2015), Ffigur 21. Mewn cymhariaeth, nododd Irmak *et al.* (2011) fod lefel effeithlonrwydd dyfrhau posibl systemau chwistrellu a micro-ddyfrhau o ddyluniad da tua 65-95% (Tabl 6). Mae faint o ddŵr a gollir mewn system ddyfrhau yn cael ei bennu, nid yn unig gan y system ddyfrhau (e.e., chwistrellu, arwyneb, diferu), ond hefyd gan amodau meteorolegol ac amodau amgylcheddol eraill.

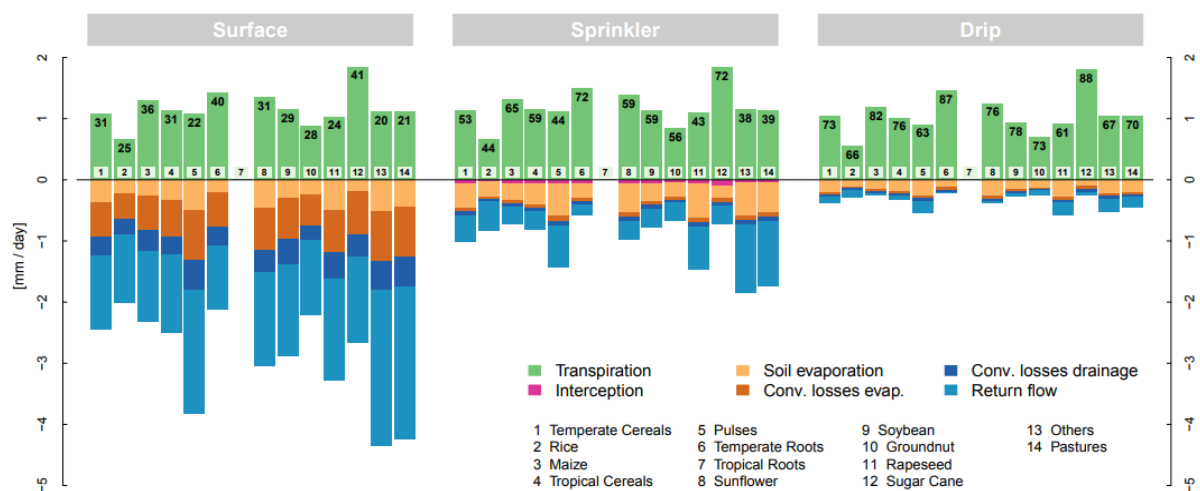


Ffigur 21. Llwybrau diferlifau dŵr dyfrhau.Caiff dŵr ei ddefnyddio at ddibenion buddiol/anfuddiol, neu mae'n mynd i mewn i afonydd, dyfrhaenau ac ati unwaith eto gan ei gwneud yn bosibl i'w adennill drwy'r llif yn ôl.Gellir ystyried defnydd anfuddiol a llif yn ôl nad yw'n adenilladwy yn gollodion (Jägermeyr *et al.*, 2015).

- Defnyddiodd Jägermeyr *et al.* (2015) fodel LPJml bio-amaeth byd-eang i gyfrifo gofyniad tair system ddyfrhau fawr (arwyneb, chwistrellu a diferu) am ddŵr dyfrhau ar gyfer amrywiol fathau swyddogaethol o gnydau (CFT) Roedd y model yn cyfrif am y cydbwysedd dŵr wyneb a dŵr pridd dyddiol (sy'n cyfyngu o bosibl ar y dŵr a dynnir) ac yn rhannu dyferlifrau dŵr dyfrhau fel a ganlyn: trydarthu, anweddu drwy'r pridd a cholli drwy ryng-gipio, dŵr ffo wyneb ac is-wyneb, a threiddio dwfn. Drwy ddefnyddio'r dull hwn, amcangyfrifodd Jägermeyr *et al.* (2015) y tynnir 2469 km³ o ddŵr dyfrhau yn fyd-eang (cyfartaledd 2004–2009); cyfrifwyd i 1257 km³ (51%) o ddŵr dyfrhau gael ei ddefnyddio, yr oedd 649 km³ ohono wedi'i ddefnyddio at ddibenion buddiol (h.y. ei drydarthu gan gnydau) ac yr oedd 608 km³ ohono wedi cael ei ddefnyddio at ddibenion anfuddiol h.y., ei golli drwy anweddu, rhyng-gipio a chludo. Cyfrifodd yr awduron effeithlonrwydd buddiol o 33% gyda'r gwerthoedd isaf yn ne Asia ac Affrica is-

Sahara a'r gwerthoedd uchaf yn Ewrop a Gogledd America (a bennwyd gan y system ddyfrhau a oedd yn cael ei defnyddio a'r amodau bioffisegol lleol). Mewn cymhariaeth, pan dybiodd y model fod yr holl brosesau dyfrhau yn rhai chwistrellu neu'n rhai diferu, cynyddodd yr effeithlonrwydd buddiol i 51% a 70% yn y drefn honno.

- Mae Ffigur 22 yn dangos y dadansoddiad wedi'i fodelu o ddiferlifau dŵr dyfrhau ar gyfer pob cnwd a phob un o'r tair system ddyfrhau. Nododd Jägermeyr *et al.* (2015) fod trydarthu, o'i fodelu, yn gymharol gyson ar gyfer pob system ddyfrhau. O ran dyfrhau wyneb, llif yn ôl oedd y rhan fwyaf o'r diferlifau anfuddiol, ond roedd ffractsiwn llif yn ôl systemau chwistrellu a systemau diferu dipyn yn is (34% a 12% o dynnu dŵr, yn y drefn honno). Roedd colledion drwy gludo a fodelwyd dipyn yn is gyda systemau chwistrellu neu ddiferu o ganlyniad i gludo dan bwysedd. Roedd colledion drwy anweddu yn eithaf tebyg rhwng systemau wyneb a systemau chwistrellu, ond dangosodd systemau diferu lai o golledion o ganlyniad i'w dyluniad. Roedd colledion drwy ryng-gipio o systemau chwistrellu (mae systemau wyneb a diferu yn defnyddio dŵr islaw'r brigdwf) ond yn gwneud mân gyfraniad at ddiferlifau anfuddiol (Ffigur 22).



Ffigur 22. Dadansoddiad o ddiferlifau dŵr buddiol ac anfuddiol ar gyfer pob cnwd a system ddyfrhau a efelychwyd (mm y diwrnod) wedi'u cyfartaleddu dros y tymor tyfu a'r ardal a amaethir. Cafodd pob system ei defnyddio ar bob ardal a oedd yn cael ei dyfrhau, gan dybio'r un lefel rheoli optimaidd. Mae'r rhif ar frig y bar yn cynrychioli effeithlonrwydd dyfrhau buddiol ar gyfer y cnwd penodol (%).

Tabl 6. Lefelau effeithlonrwydd defnydd posibl ar gyfer systemau dyfrhau sydd wedi'u dylunio'n dda ac wedi'u rheoli'n dda (Ffynhonnell: Irmak *et al.*, 2011).

System ddyfrhau	Effeithlonrwydd defnydd 'posibl' (%)
Systemau chwistrellu	
LEPA	80-90
Symudiad llinol	75-85
Colyn canolog	75-85
Gwn teithio	65-75
Rholio ochr	65-85
Symudiad â llaw	65-85

Solet	70-85
Systemau microddyfrhau	
Goferu (pen isel)	80-90
Microchwistrellydd	85-90
Tarddle microbwynt	85-90
Tarddle microlinell	85-90
Diferu isarwynebol	>95
Diferu ar yr wyneb	85-95

10 Anghenion dyfrhau yng Nghymru yn y dyfodol

- Yn 2017, cafodd tua 3,350 hectar o datws eu tyfu yng Nghymru, yr oedd 75% ohonynt yn datws prif gnwd gyda'r gweddill yn is-rywogaethau cynnar sy'n cael eu cynhaeafu erbyn 31 Gorffennaf fel arfer (Tabl 7). Tyfir tua hanner y cnwd tatws yn Sir Benfro; yr ardaloedd eraill lle y tyfir mwy na 200 hectar o datws yw Ynys Môn, Sir Fynwy a Phowys. Bwydir y rhan fwyaf o datws a dyfir yng Nghymru â llaw ac nid ydynt yn cael eu dyfrhau. Yn yr un flwyddyn, roedd gwenith yn cael ei dyfu ar tua 21,500 hectar yng Nghymru, y tyfir 19% ohono yn Sir Benfro, 19% yn Sir Fynwy, 18% ym Mhowys, 12% ym Mro Morgannwg ac 20% yn y gogledd-ddwyrain (Tabl 7). Mae'n annhebygol bod dŵr dyfrhau yn cael ei ddefnyddio ar hyn o bryd ar unrhyw gnwd o wenith yng Nghymru.

Tabl 7. Arwynebedd tyfu gwenith a thatws (hectar) 2017 yng Nghymru

Rhanbarth	Awdurdod Unedol	Gwenith	Tatws (cynnar)	Tatws (prif gnwd)
Gogledd-orllewin Cymru	Ynys Môn	451	91	137
	Gwynedd	94	2	48
Gogledd-ddwyrain Cymru	Conwy	184	2	43
	Sir Ddinbych	1,346	<0.5	74
	Sir y Fflint	741	1	98
	Wrecsam	1,943	<0.5	11
De Cymru	Abertawe	40	23	51
	Castell-nedd Port Talbot	24	~	18
	Pen-y-bont ar Ogwr	83	~	<0.5
	Bro Morgannwg	2,606	<0.5	84
	Rhondda Cynon Taf	12	~	~
	Merthyr Tudful	~	~	~
	Caerffili	509	~	14
	Blaenau Gwent	22	~	~
	Torfaen	~	~	3
	Sir Fynwy	4,018	6	324
	Casnewydd	597	~	4
	Caerdydd	20	~	0.43
Powys	Powys	3,938	4	322
Ceredigion	Ceredigion	524	21	64
Sir Benfro	Sir Benfro	4,156	671	1,116
Sir Gaerfyrddin	Sir Gaerfyrddin	163	7	118
Cyfanswm		21,468	828	2,530

10.1 Mesur gofynion dyfrhau tatws

- Bydd tatws prif gnwd yn defnyddio tua 350 mm o ddŵr fel arfer yn ystod tymor tyfu arferol (ADAS *et al.*, 2005). Mae gostyngiad o fwy na 50% yn yr AWC yn gysylltiedig â chosb ddifrifol o ran cynnyrch tatws a defnyddir dyfrhau i leihau'r SMD pan na fydd y glaw yn ddigon i gynnal lefelau cynnyrch (ADAS *et al.*, 2005). Sicrheir y rheolaeth fwyaf bosibl ar y clefyd llychwino, crach tatws drwy gynnal cronfeydd dŵr pridd yn agos i gapasiti cae. O ganlyniad pan fydd risg o grach tatws, caiff y cnwd ei ddyfrhau cyn bod yr AWC yn gostwng mwy na 50%.
- Cyfrifwyd y cyfeintiau tynnu dŵr a ragwelwyd i ddyfrhau tatws yn 2020, 2050 a 2080 o dan nifer o senarios, gan dybio bod ardal tyfu tatws Cymru yn parhau ar y lefelau presennol h.y. nid oedd unrhyw newid yn y dosbarthiad daearyddol, yr arwynebedd (hectarau) na'r math o gnwd (tatws cynnar a thatws prif gnwd) dros y cyfnod.
- O dan bob senario, cyfrifwyd y cyfeintiau dŵr ar sail ranbarthol yn seiliedig ar a) sicrhau bod y pridd yn cael ei gynnal ar hanner y cynhwysedd dŵr wedi'i addasu yn ôl cnwd neu b) sicrhau nad oedd yr SMD yn mynd yn fwy na 25 mm (rheoli crach tatws).
- Cyfrifwyd y cynhwysedd dŵr a oedd ar gael wedi'i addasu yn ôl cnwd, yn seiliedig ar ddosbarth o wead pridd, gan ddefnyddio'r gwerthoedd yn Nhabl 14 o'r canllawiau ALC (MAFF, 1988). Yn y canllawiau ALC, tybir y bydd tatws yn gwreiddio hyd at ddyfnder o 700 mm o dan amodau ffafriol.
- Dangosir cyfrifiadau enghreifftiol o gynhwysedd dŵr sydd ar gael (AP) yn y pridd wedi'i addasu yn ôl cnwd ar gyfer tatws mewn priddglai a lôm tywodlyd canolig yn Tabl 8.

Tabl 8. Cynhwysedd dŵr sydd ar gael (AP) yn y pridd wedi'i addasu yn ôl cnwd ar gyfer tatws mewn priddglai

Pridd	Dyfnder	Cyfanswm y dŵr sydd ar gael (TA _v) ¹	Dŵr sydd ar gael yn hawdd (EA _v) ²	Cyfrifiad	Cyfanswm yr AP
Priddglai (hyd at ddyfnder o 700 mm. Cyflwr yr isbridd yn gymedrol)					
Uwchbridd	0-330	18%		330 x 18% = 59 mm	118 mm
Isbridd 1	330-700	16%	10%	370 x 16% = 59 mm	
Gwerth ysgogi dyfrhau diffyg lleithder pridd					59 mm
Lôm tywodlyd canolig (hyd at ddyfnder o 700 mm. Cyflwr yr isbridd yn gymedrol)					
Uwchbridd	0-330	17%		330 x 17% = 56 mm	112 mm
Isbridd 1	330-700	15%	11%	370 x 16% = 56 mm	
Gwerth ysgogi dyfrhau diffyg lleithder pridd					56 mm

¹TA_v y cynnwys dŵr pridd cyfeintiol rhwng 0.05 a 15 tensiwn bar (neu 0.10 a 15 tensiwn bar ar gyfer tywodydd a thywodydd priddgleiog). Noder: O ran tatws, defnyddir TA_v ar gyfer y dyfnder gwreiddio llawn o 700 mm.

²EA_v y cynnwys dŵr pridd cyfeintiol rhwng 0.05 a 2.0 tensiwn bar.

- Daw data hinsawdd rhagamcanol ar gyfer cyfradd gwlybanaeth 50fed ganradd y mis (mm), a thymheredd isaf ac uchaf yr awyr (°C) o Ragolygon Hinsawdd y DU (UKCP18) o dan gyfanswm o 12 senario newid yn yr hinsawdd, gan gynnwys senarios RCP uchel, canolig ac isel ar gyfer y cyfnodau 2020au, 2030au, 2050au a 2080au. Defnyddiwyd data o'r 50fed ganradd i nodi'r newidiadau canolrifol a ragwelwyd yn y paramedrau hinsawdd ar gyfer pob dyddiad.

- Cafodd data 25 x 25 km UKCP18 eu hisraddio i 5 x 5 km er mwyn eu cymharu â llinell sylfaen ALC 1961-1990. Cyfrifwyd cyfartaledd y gwerth hinsawdd ar gyfer pob cell grid 25 x 25 km. Yna, rhannwyd y gwerthoedd 5 x 5 km gwreiddiol â chyfartaledd 25 x 25 km y llinell sylfaen er mwyn canfod cyfran y gwerth hinsawdd llinell sylfaen sy'n gwneud y cyfartaledd. Yna, defnyddiwyd y canrannau hyn ar werthoedd amrywiadwy hinsawdd UKCP18 er mwyn rhoi amcangyfrif o ddata y rhagolygon hinsawdd ar fanylder o gell grid 5 x 5 km.
- Cyfrifwyd diffygion lleithder pridd ar gyfer y llwybrau RCP isel, canolig ac uchel ar gyfer pob cyfnod (h.y. 2020, 2050 a 2080) ar gyfer pob cell grid 5 km x 5 km. Cafodd celloedd grid eu neilltuo i bob un o'r 22 o awdurdodau lleol yng Nghymru a chafodd y gwerth MD ei gyfartaleddu i gyfrifo'r gwerth cymedrig ar gyfer pob rhanbarth.
- Cyfrifwyd yr MD fel a ganlyn: lle mae ASR yn cyfeirio at law yr haf (lluoswyd y gyfradd gwlybanaeth ar gyfer pob mis â nifer y diwrnodau yn y mis, a chyfansyniwyd y misoedd rhwng Ebrill a Medi) ac mae ATS yn cyfeirio at y tymereddau haf cronedig (cyfrifwyd AT ar gyfer pob mis fel: $((0.4476 + (0.4854 * \text{uchafswm tymheredd ar gyfer y mis}) + (0.4804 * \text{isafswm tymheredd ar gyfer y mis})) * \text{diwrnodau yn y mis})$, a gyfansyniwyd ar gyfer y misoedd rhwng Ebrill a Medi):
 - **MD tatws:** $326.4 - 196.5 \times \text{Log}_{10} \text{ASR} + 0.1127 \times \text{ATS}$
- Cyfrifwyd lefel y dŵr dyfrhau a oedd ei angen fel a ganlyn:
 - **Dyfrhau ar hanner AP:** $((\text{SMD tatws mm} - (0.5 \times \text{AP wedi'i addasu yn ôl cnwd mm}))/1000) \times (\text{arwynebedd y cnwd (hectar)} \times 10,000) \text{ wedi'i addasu ar gyfer colledion defnydd o } 50\%^6.$
 - **Dyfrhau ar SMD o 25 mm:** $((\text{SMD tatws mm} - 25 \text{ mm})/1000) \times (\text{arwynebedd y cnwd (hectar)} \times 10,000) \text{ wedi'i addasu ar gyfer colledion defnydd o } 50\%.$

10.2 Diffyg lleithder:tatws

- Nodir y diffyg lleithder a ragwelwyd ar gyfer pob cyfuniad o senario hinsawdd a RCP ar gyfer y 22 o awdurdodau lleol yng Nghymru. Tabl 9 Mae'r ardaloedd sydd â'r MD isaf mewn lliw gwyrdd ac mae'r rhai sydd â'r MD uchaf mewn lliw coch. Ar gyfer 2020, nid oes fawr ddim gwahaniaeth yn y gwerthoedd MD o dan senarios RCP isel, canolig ac uchel. Yr MD cyfartalog i Gymru gyfan yn 2020 oedd tua 65 mm, yn amrywio o <20 mm yng Nghonwy i >100 mm ym Mro Morgannwg, Casnewydd a Chaerdydd. Erbyn 2080, rhagwelwyd y byddai'r MD cyfartalog yn cynyddu 20 mm i tua 85 mm o dan y senarios RCP isel/canolig a 35 mm i tua 100 mm o dan y senarios RCP uchel. O dan senarios isel a chanolig 2080, roedd y gwerthoedd MD a ragwelwyd yn amrywio o <40 mm yng Ngwynedd a Chonwy i >120 yn Sir y Fflint, Bro Morgannwg, Casnewydd a Chaerdydd. Mewn cymhariaeth, o dan senario RCP uchel 2080, rhagwelwyd gwerthoedd MD o tua 20 mm yn uwch nag o dan y senarios RCP eraill, gan amrywio o <60 mm yng Ngwynedd a Chonwy i >140 mm yng Nghasnewydd a Chaerdydd.
- Yn gyffredinol, mae'r senarios yn rhagweld cynnydd o 30-40 mm yn yr MD erbyn 2080 ym mhob un o brif ardaloedd tyfu tatws Sir Benfro, Sir Fynwy, Powys ac Ynys Môn (Tabl 9).

⁶ Yn unol â Jägermeyr *et al.* (2015) tybiwyd effeithlonrwydd dyfrhau o 50 % ar gyfer systemau uwchben a ddefnyddir fel arfer wrth gynhyrchu tatws.

Tabl 9. Diffyg lleithder (tatws) o dan senarios isel, canolig ac uchel UKCP18 ar gyfer 2020, 2050 a 2080.

Rhanbarth	2020			2050			2080		
	Isel	Canolig	Uchel	Isel	Canolig	Uchel	Isel	Canolig	Uchel
Ynys Môn	95	95	96	115	114	126	111	115	127
Gwynedd	21	21	23	41	40	53	40	45	58
Conwy	15	15	17	35	34	47	36	41	55
Sir Ddinbych	61	61	63	84	82	96	85	89	103
Sir y Fflint	93	93	95	118	116	130	116	120	133
Wrecsam	83	82	84	108	107	121	105	109	122
Abertawe	80	80	82	103	102	116	95	100	113
Castell-nedd Port Talbot	53	53	55	76	75	89	71	75	88
Pen-y-bont ar Ogwr	59	59	61	82	81	96	76	80	93
Bro Morgannwg	103	103	105	128	127	142	118	123	135
Rhondda Cynon Taf	33	33	35	57	56	70	51	56	69
Merthyr Tudful	33	32	34	57	56	70	52	56	70
Caerffili	58	58	60	83	82	97	76	80	93
Blaenau Gwent	38	38	40	62	61	76	58	62	75
Torfaen	53	52	54	80	79	94	71	75	87
Sir Fynwy	88	87	89	116	115	130	105	109	121
Casnewydd	114	113	115	142	141	156	130	135	147
Caerdydd	109	108	110	134	133	148	125	130	142
Powys	47	47	49	70	69	84	69	73	87
Ceredigion	39	38	40	60	59	73	57	61	74
Sir Benfro	69	69	71	94	93	106	83	87	99
Sir Gaerfyrddin	51	51	53	75	73	87	68	73	86

10.3 Y galw am ddyfrhau:tatws

- Defnyddiwyd rhagolygon o'r MD i amcangyfrif y galw am ddyfrhau o dan senarios RCP isel UKCP18 yn 2020 (llinell sylfaen) ac o dan senarios RCP uchel yn 2050 a 2080. Roedd y gofynion dyfrhau yn tybio lôm tywodlyd canolig gyda 33 cm o uwchbridd a 37 cm o isbridd a chynhwysedd argaeledd dŵr o 112 mm.
- Asesodd y rhagolygon y gofynion tynnu dŵr ar gyfer (i) yr holl arwynebedd tyfu tatws yng Nghymru a (ii) y prif gnwd yn unig. Hefyd, aseswyd dwy drefn dyfrhau (i) pan gyrhaeddodd yr MD 50% o'r gofyniad dŵr sydd ar gael wedi'i addasu yn ôl cnwd (ar gyfer y lefel cynnyrch uchaf bosibl) a (ii) cadw pridd ar ≤ 25 mm o MD (i reoli crach tatws).

10.3.1 Senario RCP isel 2020 UKCP18 (llinell sylfaen)

- Y gofyniad tynnu dŵr ar gyfer 2020 i sicrhau'r lefel cynnyrch uchaf bosibl ar gyfer tatws prif gnwd oedd 610,000 m³ (Tabl 10). Roedd Sir Benfro (360,000 m³), Sir Fynwy (160,000 m³) ac Ynys Môn (73,000 m³) yn cyfrif am tua 75% o'r galw am ddŵr ar gyfer tatws prif gnwd a oedd yn adlewyrchu'r gyfran uchel o arwynebedd tyfu tatws yn yr ardaloedd hyn.

- Y gofyniad tynnu dŵr ar gyfer pob cnwd tatws oedd tua 812,000 m³ (Tabl 10). Byddai angen y rhan fwyaf o'r dŵr ychwanegol yn Sir Benfro (+101,000 m³) ac Ynys Môn (+49,000 m³), sy'n adlewyrchu'r gyfran uchel o datws cynnar a dyfir yn yr ardaloedd hyn.
- Amcangyfrifwyd y gofyniad tynnu dŵr ar gyfer 2020 i reoli crach tatws (h.y. cynnal MD ≤25mm) ar 2.2 miliwn m³, Tabl 11.

10.3.2 Senario RCP uchel 2050 a 2080 UKCP18

- Roedd y gofyniad am ddŵr dyfrhau a ragwelwyd i gynnal y lefelau cynnyrch tatws gorau o dan senario RCP uchel 2050 a 2080 yn debyg, sef tua 2.5 miliwn m³ - cynnydd o tua 1.7 miliwn m³ o gymharu â senario RCP isel 2020 (Tabl 10).
- O blith y prif ardaloedd tyfu tatws, rhagwelwyd mai yn Sir Benfro y byddai'r cynnydd mwyaf yn y galw am ddŵr dyfrhau (cynnydd o 300%); yna Sir Fynwy (cynnydd o 120%) ac Ynys Môn (cynnydd o 90%).
- Roedd y gofynion dŵr a ragwelwyd i leihau'r risg o grach tatws i'r eithaf hefyd yn debyg o dan senarios RCP uchel 2050 a 2080, ar tua 4 miliwn m³, sef cynnydd o tua 1.75 miliwn m³ o gymharu â senario RCP isel 2020, Tabl 11.

Tabl 10. Gofynion tynnu dŵr a ragwelwyd ar gyfer dŵr dyfrhau o dan dri senario hinsawdd sy'n seiliedig ar UKCP18. Mae'r gofynion a fodelwyd yn seiliedig ar gynnal pridd lôm tywodlyd ar hanner y cynhwysedd dŵr sydd ar gael (AP) wedi'i addasu yn ôl cnwd gan dybio a) bod yr holl datws yn cael eu dyfrhau a b) mai dim ond y prif gnwd sy'n cael ei ddyfrhau.

Rhanbarth	Lôm tywodlyd: senario hanner AP (yr holl datws)				Lôm tywodlyd: senario hanner AP (prif gnwd yn unig)		
	<i>Isel 2020</i>	<i>Uchel 2050</i>	<i>Uchel 2080</i>		<i>Isel 2020</i>	<i>Uchel 2050</i>	<i>Uchel 2080</i>
Ynys Môn	133,989	239,431	243,802		80,630	144,081	146,712
Gwynedd	0	0	1,848		0	0	1,779
Conwy	0	0	0		0	0	0
Sir Ddinbych	6,295	45,226	52,700		6,281	45,129	52,586
Sir y Fflint	55,898	110,652	115,318		55,334	109,534	114,154
Wrecsam	4,729	11,320	11,582		4,570	10,940	11,193
Abertawe	27,248	67,626	63,576		18,818	46,704	43,907
Castell-nedd Port Talbot	0	8,765	8,589		0	8,765	8,589
Pen-y-bont ar Ogwr	22	275	259		22	275	259
Bro Morgannwg	59,868	109,270	100,804		59,662	108,895	100,458
Rhondda Cynon Taf	0	0	0		0	0	0
Merthyr Tudful	0	0	0		0	0	0
Caerffili	487	8,714	7,944		487	8,714	7,944
Blaenau Gwent	0	0	0		0	0	0
Torfaen	0	1,734	1,434		0	1,734	1,434
Sir Fynwy	157,496	369,296	325,000		154,732	362,813	319,295
Casnewydd	3,504	6,070	5,506		3,504	6,070	5,506
Caerdydd	342	595	558		342	595	558
Powys	0	135,907	150,966		0	134,097	148,956
Ceredigion	0	21,615	23,788		0	16,313	17,952
Sir Benfro	362,499	1,354,040	1,160,603		226,431	845,787	724,959
Sir Gaerfyrddin	0	58,361	55,836		0	55,306	52,914
Cyfanswm	812,377	2,548,897	2,330,112		610,813	1,905,753	1,759,152

Noder: Mae cyfrifiadau tynnu dŵr yn cyfrif am golledion dyfrhau (h.y. 30% drwy ddefnydd ac 20% drwy anweddu) felly mae'r gofynion a fodelwyd 1.5 gwaith yn fwy na'r dŵr sydd ei angen i ddyfrhau'r cnwd.

Tabl 11. Gofynion tynnu dŵr a ragwelwyd ar gyfer dŵr dyfrhau o dan dri senario hinsawdd sy'n seiliedig ar UKCP18. Mae'r gofynion a fodelwyd yn seiliedig ar gadw diffyg lleithder pridd ≤ 25 mm ac yn tybio bod yr holl datws y mae angen dŵr arnynt yn cael eu dyfrhau.

Rhanbarth	diffyg lleithder pridd ≤ 25 mm: senario o ran ansawdd		
	<i>Isel 2020</i>	<i>Uchel 2050</i>	<i>Uchel 2080</i>
Ynys Môn	239,177	344,619	348,990
Gwynedd	0	20,664	24,824
Conwy	0	14,739	20,142
Sir Ddinbych	40,681	79,613	87,086
Sir y Fflint	101,641	156,394	161,061
Wrecsam	10,097	16,688	16,950
Abertawe	61,639	102,017	97,967
Castell-nedd Port Talbot	7,412	16,891	16,715
Pen-y-bont ar Ogwr	235	487	472
Bro Morgannwg	98,925	148,328	139,862
Rhondda Cynon Taf	0	0	0
Merthyr Tudful	0	0	0
Caerffili	7,015	15,242	14,472
Blaenau Gwent	0	0	0
Torfaen	1,272	3,138	2,838
Sir Fynwy	309,882	521,682	477,386
Casnewydd	5,366	7,932	7,368
Caerdydd	540	794	756
Powys	109,803	286,496	301,555
Ceredigion	17,609	60,918	63,090
Sir Benfro	1,187,959	2,179,500	1,986,063
Sir Gaerfyrddin	49,328	115,732	113,207
Cyfanswm	2,248,584	4,091,875	3,880,804

Noder: Mae cyfrifiadau tynnu dŵr yn cyfrif am golledion dyfrhau (h.y. 30% drwy ddefnydd ac 20% drwy anweddu) felly mae'r gofynion a fodelwyd 1.5 gwaith yn fwy na'r dŵr sydd ei angen i ddyfrhau'r cnwd.

10.4 Mesur y galw am ddyfrhau gwenith gaeaf

- Ymchwiliodd El Chami *et al.* economeg dyfrhau cnydau $\hat{y}$ d yn Nwyrain Lloegr; daeth yr awduron i'r casgliad mai dim ond o dan gyfuniadau cyfyngedig penodol o fath o bridd, systemau dyfrhau presennol, y dŵr sydd ar gael a'r tywydd roedd dyfrhau yn ariannol hyfyw. O ganlyniad, byddai buddsoddiadau mewn systemau dyfrhau newydd yn y dyfodol yn gofyn am gynnydd sylweddol ym mhrisiau gwenith neu ostyngiadau o ran costau (am gyfarpar dyfrhau) er mwyn eu cyfiawnhau. Fodd bynnag, er bod effaith newid yn yr hinsawdd yn debygol o leihau faint o ddŵr sydd ar gael a chryfhau'r manteision ariannol mae El Chami *et al.* (2015) yn awgrymu bod dyfrhau cnydau eraill yn debygol o gael blaenoriaeth.
- O dan amodau hinsawdd nodweddiadol y DU, fel arfer nid oes angen dyfrhau gwenith cyn mis Ebrill ac argymhellir y dylid rhoi'r gorau i ddyfrhau cyn dechrau mis Mehefin pan fydd y cnwd

yn dechrau blodeuo (Tester a Bacic. 2005). At hynny, dangosodd astudiaethau arbrofol yn Nwyrain Lloegr fod dyfrhau cnydau yd ar ôl iddynt flodeuo yn cynyddu'r risg y byddent yn cwympo ar eu gorwedd (Bailey, 1990). Mae El Chami *et al.* (2015) yn awgrymu y dylid cynnal SMD bach ym mharth y gwreiddiau er mwyn gwneud y defnydd mwyaf effeithiol o law ac maent yn awgrymu y dylai dyfrhau ddechrau ar SMD o 50 mm.

10.5 Diffyg lleithder:gwenith

- Nodir y diffyg lleithder a ragwelwyd gan y model o dan wenith ar gyfer pob un o'r 22 o awdurdodau lleol yng Nghymru yn Tabl 12, isod: mae rhanbarthau sydd â'r MD isaf mewn lliw gwyrdd ac mae'r rhai sydd â'r MD uchaf mewn lliw coch. Ar gyfer 2020, nid oes fawr ddim gwahaniaeth yn y gwerthoedd MD o dan senarios isel, canolig ac uchel. Yr MD cyfartalog yn 2020 yw 78 mm, sy'n amrywio o tua 40 mm yng Nghonwy i >100 mm yn Ynys Môn, Sir y Fflint, Bro Morgannwg, Casnewydd a Chaerdydd. Erbyn 2080, rhagwelir y bydd yr MD cyfartalog yn cynyddu tua 10 mm i tua 90 mm o dan senario RCP isel a chanolig ac 20 mm i tua 100 mm o dan y senario RCP uchel. O dan senarios isel a chanolig 2080 mae'r gwerthoedd MD a ragwelwyd yn amrywio o tua 60 mm yng Ngwynedd a Chonwy i >120 mm yn Sir y Fflint, Casnewydd a Chaerdydd. Mewn cymhariaeth, o dan senario uchel 2080 roedd y gwerthoedd MD a ragwelwyd yn amrywio o tua 70 mm yng Ngwynedd a Chonwy i >130 mm yn Sir y Fflint, Casnewydd a Chaerdydd.
- Mae senarios UKCP18 yn rhagweld cynnydd o 19-26 mm yn yr MD (h.y. daw yn fwy negyddol) ym mhob un o brif ardaloedd tyfu gwenith Sir Benfro, Sir Fynwy, Powys, Bro Morgannwg a Wrecsam (Tabl 12).

Tabl 12. Diffyg lleithder (gwenith) o dan senarios isel, canolig ac uchel UKCP18 ar gyfer 2020, 2050 a 2080.

Rhanbarth	2020			2050			2080		
	Isel	Canolig	Uchel	Isel	Canolig	Uchel	Isel	Canolig	Uchel
Ynys Môn	102	102	103	117	116	125	113	116	124
Gwynedd	45	44	46	59	58	67	58	61	70
Conwy	41	41	42	56	55	64	56	59	69
Sir Ddinbych	78	78	79	95	93	103	95	98	107
Sir y Fflint	102	101	103	120	119	129	118	121	130
Wrecsam	94	94	95	113	112	122	110	113	121
Abertawe	88	88	89	105	105	115	98	101	110
Castell-nedd Port Talbot	68	67	69	84	83	94	79	82	91
Pen-y-bont ar Ogwr	73	72	74	90	89	99	84	87	96
Bro Morgannwg	106	106	107	125	124	135	116	119	128
Rhondda Cynon Taf	53	53	54	71	70	80	65	68	77
Merthyr Tudful	54	53	55	71	70	81	67	70	79
Caerffili	73	73	74	91	91	101	85	88	97
Blaenau Gwent	59	58	60	76	76	86	72	75	84
Torfaen	70	69	71	90	89	100	81	84	93
Sir Fynwy	97	96	98	118	117	128	108	111	119
Casnewydd	115	115	116	136	135	146	126	129	137

Caerdydd	110	110	111	129	128	139	121	124	133
Powys	66	66	67	83	82	93	81	84	94
Ceredigion	59	59	60	75	74	84	71	74	83
Sir Benfro	82	82	83	100	99	109	90	93	102
Sir Gaerfyrddin	68	68	69	85	84	94	79	82	91

10.6 Y galw am ddyfrhau gwenith

- Defnyddiwyd rhagolygon o'r MD i amcangyfrif y galw am ddyfrhau o dan senarios RCP isel UKCP18 yn 2020 (llinell sylfaen) ac o dan senarios RCP uchel yn 2050 a 2080. Cyfrifwyd y gofynion tynnu dŵr ar gyfer dau fath o bridd (i) priddglai a (ii) lôm tywodlyd canolig a thybiwyd 30 cm o uwchbridd a 90 cm o isbridd i roi dyfnder gwreiddio o 120 cm.
- O dan bob un o'r senarios, cyfrifwyd y gofyniad tynnu dŵr ar sail ranbarthol yn seiliedig ar gynnal y pridd ar hanner y cynhwysedd dŵr wedi'i addasu yn ôl cnwd.
- Cyfrifwyd y cynhwysedd dŵr a oedd ar gael wedi'i addasu yn ôl cnwd, yn seiliedig ar ddosbarth o wead pridd, gan ddefnyddio'r gwerthoedd yn Nhabl 14 o'r canllawiau ALC (MAFF, 1988). Tabl 13. Yn y canllawiau ALC, tybir y bydd cnydau yd yn gwreiddio hyd at 120 cm o dan amodau ffafriol. Fodd bynnag, mae systemau gwreiddiau cnydau yd yn llai datblygedig o dan 50 cm ac felly'n llai abl i dynnu dŵr y tu hwnt i'r dyfnder hwnnw. Islaw 50 cm, tybir mai dim ond y dŵr sydd ar gael yn hawdd (a ddelir yn y pridd ar densiwn o rhwng 50 a 200 kPa) a gaiff ei dynnu.

Tabl 13. Cynhwysedd dŵr sydd ar gael (AP) yn y pridd wedi'i addasu yn ôl cnwd ar gyfer gwenith

Pridd	Dyfnder	Cyfanswm y dŵr sydd ar gael (TA_v) ¹	Dŵr sydd ar gael yn hawdd (EA_v) ²	Cyfrifiad	Cyfanswm yr AWC
<i>Priddglai (hyd at ddyfnder o 1200 mm. Cyflwr yr isbridd yn gymedrol)</i>					
Uwchbridd	0-300	18%		$300 \times 18\% = 54 \text{ mm}$	156 mm
Isbridd 1	300-500	16%		$200 \times 16\% = 32 \text{ mm}$	
Isbridd 2	500-1200		10%	$700 \times 10\% = 70 \text{ mm}$	
Gwerth ysgogi dyfrhau diffyg lleithder pridd					78 mm
<i>Lôm tywodlyd canolig (hyd at ddyfnder o 1200 mm. Cyflwr yr isbridd yn gymedrol)</i>					
Uwchbridd	0-300	17%		$300 \times 17\% = 51 \text{ mm}$	158 mm
Isbridd 1	300-500	15%		$200 \times 15\% = 30 \text{ mm}$	
Isbridd 1	500-1200		11%	$700 \times 11\% = 77 \text{ mm}$	
Gwerth ysgogi dyfrhau diffyg lleithder pridd					79 mm

¹ TA_v y cynnwys dŵr pridd cyfeintiol rhwng 0.05 a 15 tensiwn bar (neu 0.10 a 15 tensiwn bar ar gyfer tywodydd a thywodydd priddgleiog). Noder: O ran tatws, defnyddir TA_v ar gyfer y dyfnder gwreiddio llawn o 700 mm.

² EA_v y cynnwys dŵr pridd cyfeintiol rhwng 0.05 a 2.0 tensiwn bar.

- Roedd y fethodoleg a ddefnyddiwyd i gyfrifo'r MD ar gyfer gwenith a'r gofynion dyfrhau canlyniadol fel y'u disgrifiwyd yn Adran 10.1. Fodd bynnag, cyfrifwyd yr MD penodol ar gyfer gwenith fel a ganlyn: lle mae ASR yn cyfeirio at law yr haf (lluoswyd y gyfradd gwlybanaeth ar gyfer pob mis â nifer y diwrnodau yn y mis, a chyfansymiwyd y misoedd rhwng Ebrill a Medi)

ac mae ATS yn cyfeirio at y tymereddau haf cronedig (cyfrifwyd AT ar gyfer pob mis fel: $((0.4476 + (0.4854 \times \text{uchafswm tymheredd ar gyfer y mis}) + (0.4804 \times \text{isafswm tymheredd ar gyfer y mis})) \times \text{diwrnodau yn y mis}$), a gyfansymiwyd ar gyfer y misoedd rhwng Ebrill a Medi):

- **MD gwenith:** $325.4 - 162.3 \times \text{Log}_{10} \text{ASR} + 0.08022 \times \text{ATS}$
- Cyfrifwyd lefel y dŵr dyfrhau a oedd ei angen fel a ganlyn:
 - **Dyfrhau ar hanner AP:** $((\text{MD gwenith mm} - (0.5 \times \text{AP wedi'i addasu yn ôl cnwd mm}))/1000) \times (\text{arwynebedd y cnwd (hectar)} \times 10,000) \text{ wedi'i addasu ar gyfer colledion dyfrhau o } 50\%$.

10.6.1 Senarios RCP isel 2020 UKCP18

- Roedd y gofyniad dyfrhau a ragwelwyd yn debyg ar gyfer y ddau fath o bridd, nad oedd yn syndod o ystyried yr AWC tebyg a gyfrifwyd yn Nhabl 13, uchod. Y gofyniad ar gyfer tynnu dŵr o dan senario RCP isel 2020 oedd 3.5 miliwn m³, Tabl 14. Roedd Sir Fynwy (1.1 miliwn m³) a Bro Morgannwg (1.1 miliwn m³) yn cyfrif am 61% o gyfanswm y galw am ddyfrhau. O blith y prif ardaloedd tyfu gwenith, yr unig sir nad oedd angen dyfrhau yn 2020 o dan yn senario hwn oedd Powys.

Tabl 14. Gofynion tynnu dŵr a ragwelwyd ar gyfer dŵr dyfrhau o dan dri senario hinsawdd sy'n seiliedig ar UKCP18. Mae'r gofynion a fodelwyd yn seiliedig ar gynnal a) priddglai a b) pridd lôm tywodlyd ar hanner cynhwysedd dŵr sydd ar gael (AP) wedi'i addasu yn ôl cnwd gan dybio bod yr holl wenith y mae angen dŵr uwch arno yn cael ei ddyfrhau.

Rhanbarth	Priddglai: senario hanner AP			Lôm tywodlyd: senario hanner AP		
	Isel 2020	Uchel 2050	Uchel 2080	Isel 2020	Uchel 2050	Uchel 2080
Ynys Môn	162,873	315,606	310,630	156,105	308,838	303,862
Gwynedd	0	0	0	0	0	0
Conwy	0	0	0	0	0	0
Sir Ddinbych	0	514,247	588,928	0	494,060	568,741
Sir y Fflint	264,393	566,511	575,709	253,271	555,390	564,588
Wrecsam	467,497	1,278,680	1,264,112	438,356	1,249,539	1,234,971
Abertawe	6,146	21,798	19,062	5,551	21,203	18,467
Castell-nedd Port Talbot	0	5,510	4,764	0	5,156	4,411
Pen-y-bont ar Ogwr	0	26,288	22,058	0	25,043	20,813
Bro Morgannwg	1,107,066	2,218,373	1,945,713	1,067,978	2,179,285	1,906,625
Rhondda Cynon Taf	0	389	0	0	214	0
Merthyr Tudful	0	0	0	0	0	0
Caerffili	0	176,779	142,641	0	169,147	135,009
Blaenau Gwent	0	2,658	1,993	0	2,325	1,660
Torfaen	0	0	0	0	0	0
Sir Fynwy	1,126,517	3,029,525	2,496,645	1,066,247	2,969,255	2,436,375
Casnewydd	332,341	612,076	530,485	323,384	603,118	521,528
Caerdydd	9,572	18,069	16,214	9,276	17,773	15,918
Powys	0	864,650	918,077	0	805,584	859,012
Ceredigion	0	44,438	42,317	0	36,584	34,462
Sir Benfro	249,898	1,944,859	1,472,487	187,560	1,882,521	1,410,149

Sir Gaerfyrddin	0	38,428	31,724	0	35,990	29,285
Cyfanswm	3,726,304	11,678,885	10,383,560	3,507,729	11,361,024	10,065,875

Noder: Mae cyfrifiadau tynnu dŵr yn cyfrif am golledion dyfrhau (h.y. 30% drwy ddefnydd ac 20% drwy anweddu) felly mae'r gofynion a fodelwyd 1.5 gwaith yn fwy na'r dŵr sydd ei angen i ddyfrhau'r cnwd.

10.6.2 Senario RCP uchel 2050 a 2080 UKCP18

- Y gofyniad tynnu dŵr o dan senarios RCP uchel 2050 a 2080 oedd 10-11 miliwn m³, sef cynnydd triphlyg o gymharu â gofyniad y llinell sylfaen. Roedd Sir Fynwy, Bro Morgannwg, Sir Benfro a Wrecsam yn cyfrif am 70% o'r gofyniad dŵr. Rhagwelwyd mai yn Sir Fynwy (+1.4 miliwn m³) a Sir Benfro (+1.2 miliwn m³) y byddai'r cynnydd mwyaf yn y gofyniad dŵr (rhwng 2020 a 2080).

10.7 Casgliadau ynglŷn â dyfrhau

- Cyfrifodd Knox *et al.* (2013) y galw cyfeintiol am ddŵr at ddibenion dyfrhau i Gymru a Lloegr ar gyfer blwyddyn sych 'ddylunio' o 85 miliwn m³ yn seiliedig ar y patrwm defnydd tir yn 2010; roedd hyn yn cynnwys galw am ddyfrhau i Gymru o 3.5 miliwn m³, yr oedd dros 90% ohono ar gyfer tatws. Ond noder i'r galw hwn gael ei gyfrifo ar gyfer rhanbarth Asiantaeth yr Amgylchedd a ddiffiniwyd fel Cymru, yn hytrach na'r wlad gyfan, felly mae'r galw am ddyfrhau yn debygol o fod yn uwch. O ran Cymru, mae ein cyfrifiadau yn awgrymu galw am dynnu dŵr ar gyfer 2020 (h.y. y cyfnod 2010-2039) o hyd at 2.2 miliwn m³ ar gyfer tatws a 3.7 miliwn m³ ar gyfer gwenith (yn seiliedig ar SMD o 25 a 50 mm yn y drefn honno). Mewn cymhariaeth, nododd Asiantaeth yr Amgylchedd (2020) fod lefel y dŵr darfodadwy a dynnwyd yn uniongyrchol at ddefnydd fel dŵr amaethyddol yn 'Adnoddau Dŵr Dwyrain Lloegr'⁷ (sy'n cynnwys East Anglia a Dwyrain Canolbarth Lloegr) yn gwneud cyfanswm o 74 miliwn m³ y flwyddyn, yr oedd 94% (69.6 miliwn m³) ohono ar gyfer dyfrhau drwy chwistrellu. Roedd cyfanswm defnydd dŵr amaethyddol mewn rhanbarthau eraill rhwng 12 a 21 miliwn m³ y flwyddyn (wedi'i rannu rhwng dyfrhau drwy chwistrellu, dyframaethu, garddwriaeth, cyffredinol (da byw) ac arall (coedwigaeth, perllannau ac ati). Mewn cymhariaeth, yn ardal Adnoddau Dŵr Gorllewin Lloegr (ardal de-orllewin Lloegr), y prif ddefnydd dŵr darfodadwy yw'r galw am ddŵr ar gyfer da byw. Mae'r adroddiad hefyd yn nodi bod elfen sylweddol o'r galw am ddŵr ar gyfer da byw yn cael ei ateb o'r prif gyflenwad dŵr ac felly nid yw wedi'i gynnwys yn y cyfansymiau.
- Mae Asiantaeth yr Amgylchedd yn rhagweld y bydd y galw am ddyfrhau drwy chwistrellu yn cynyddu yn y dyfodol, yn enwedig yn ardal Adnoddau Dŵr y Dwyrain. Yn genedlaethol, gallai'r galw amrywio o'r llinell sylfaen o tua 100 miliwn m³ i bron 200 miliwn m³ (gydag amcangyfrif gorau o 140 miliwn m³) yn 2050. Fodd bynnag, nodir bod cryn ansicrwydd ynglŷn â'r ffigurau hyn oherwydd bydd sawl ffactor yn effeithio ar y galw, gan gynnwys effeithlonrwydd dyfrhau, safonau ansawdd bwyd, tueddiadau mewn deiet ac ati. Mewn cymhariaeth, erbyn 2080 (h.y. y cyfnod 2070-2099) rhagwelir y bydd y galw am dynnu dŵr yng Nghymru at ddibenion dyfrhau yn cynyddu i 14.3 miliwn m³ y byddai tua 70% ohono (10.4 miliwn m³) yn cael ei ddefnyddio i ddyfrhau gwenith.

⁷ Un o'r pum grŵp cynllunio adnoddau dŵr rhanbarthol (h.y. Gogledd, Gorllewin, Dwyrain, De-ddwyrain a Gorllewin Lloegr) a sefydlwyd gan Asiantaeth yr Amgylchedd er mwyn llunio cynlluniau rhanbarthol ar gyfer defnydd dŵr erbyn mis Medi 2023.

11 Y galw am ddŵr ar gyfer gwartheg

- Er mwyn amcangyfrif y galw am ddŵr ar gyfer gwartheg, cyfunwyd data'r Cyfrifiad ag amcangyfrifon o'r galw am ddŵr yfed ar gyfer da byw (yn ôl categori oedran) yn seiliedig ar ddata llenyddiaeth.
- Daw nifer y gwartheg a lloi yng Nghymru o'r rhifyn mwyaf diweddar o Ystadegau Amaethyddol Cymru 2016 (Llywodraeth Cymru, 2018), sy'n rhannu gwartheg yn dri grŵp bras, gwartheg dwy flwydd oed neu'n hŷn, gwartheg 1-2 flwydd oed a gwartheg o dan flwydd oed (Tabl 15). Mae'r grwpiau bras yn cael eu rhannu eto yn anifeiliaid benyw: bridiau godro, anifeiliaid benyw: bridiau nad ydynt yn rhai godro ac anifeiliaid gwryw. Gyda'i gilydd, yn 2016 roedd 1.1 miliwn o wartheg yng Nghymru, yr oedd tua 40% ohonynt yn wartheg godro. O'r gwartheg godro dyflwydd neu'n hŷn, tybiwyd bod 85% 'yn llaetha', h.y. 253,351 o wartheg.

Tabl 15. Nifer y gwartheg (yn ôl grŵp oedran) yng Nghymru yn 2016 (Ffynhonnell: Llywodraeth Cymru, 2018)

Gwartheg	Cyfanswm	Buchod godro
Gwartheg ≥2 flwydd oed	544,525	298,060
Gwartheg 1-2 flwydd	262,929	88,787
Gwartheg <1 flwydd oed	326,887	77,830
Cyfanswm	1,134,341	464,677

- Cyfunwyd data llenyddiaeth ar ddefnydd dŵr yfed gan DAERA⁸, AHDB⁹, Defra¹⁰ ac ADAS (2012) i amcangyfrif y defnydd dyddiol o ddŵr ar gyfer gwartheg o grwpiau oedran neu reoli gwahanol. Ar gyfer gwartheg ≥2 flwydd oed, mae'r defnydd o ddŵr y dydd ar gyfer buchod godro (81 litr y dydd) bron ddwywaith yn fwy na'r defnydd ar gyfer gwartheg nad ydynt yn wartheg godro (37 litr y dydd) o'r un oedran. Roedd y ffigurau a gyfrifwyd yn unol â'r rhai a gofnodwyd gan Knox *et al.* (2013) a nododd ddefnydd dŵr o 91 litr y dydd ar gyfer buchod godro, 20 litr y dydd ar gyfer buchod eidion a heffrod a 12.5 litr y dydd ar gyfer llo.
- Lluoswyd y galw am ddŵr yfed y dydd â 365 i gyfrifo'r galw blyneddol am ddŵr ar gyfer pob grŵp o wartheg (Tabl 16). Yn gyffredinol, cyfrifwyd bod galw blyneddol o 15,592,167,510 l (neu 15.6 miliwn m³) o ddŵr yfed ar gyfer gwartheg. Yn ogystal â'r galw am ddŵr yfed, nododd Knox *et al.* (2013) alw am 29 l y dydd ar gyfer 'dŵr golchi' buchod godro, sy'n cyfateb i alw ychwanegol o 2,681,720,135 l o dŵr y flwyddyn.
- O adio'r galw am ddŵr yfed a dŵr golchi ceir cyfanswm galw am ddŵr o 18,273,887,845 litr neu 18.3 million m³ ar gyfer gwartheg yng Nghymru y flwyddyn. Yn yr un modd, cyfrifodd Knox

⁸ <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/water-advice-livestock-farmers>

⁹ <https://media.ahdb.org.uk/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/Water-use-reduction-and-rainwater-harvesting-on-beef-and-sheep-farms.pdf>

¹⁰ <http://adlib.eversite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?doc=246307&id=246337>

et al. (2013) fod galw am 16.7 miliwn m³ o ddŵr y flwyddyn ar gyfer gwartheg yn rhanbarth Cymru Asiantaeth yr Amgylchedd. Noder hefyd i Knox et al. (2013), gyfrifo bod cyfanswm galw o 30.6 miliwn m³ o ddŵr ar gyfer da byw yn rhanbarth Cymru Asiantaeth yr Amgylchedd. Mewn cymhariaeth, yn seiliedig ar boblogaeth o 3.15 miliwn¹¹ a defnydd o 150 litr o ddŵr y dydd ar gyfer golchi, yfed coginio ac ati. (Llywodraeth Cymru, 2015) amcangyfrifir bod pobl yng Nghymru yn defnyddio 173 miliwn m³ o ddŵr.

Tabl 16. Defnydd o ddŵr yfed y dydd a'r flwyddyn ar gyfer gwartheg (litrau)

Math o wartheg	Cyfanswm (nifer)	Litrau y dydd	Cyfanswm y flwyddyn (litrau)
Buchod godro sy'n llaetha	253,351	81	7,513,440,594
Gwartheg ≥2 flwydd oed	291,174	37	3,889,793,466
Gwartheg 1-2 flwydd	262,929	25	2,399,227,125
Gwartheg <1 flwydd oed	326,887	15	1,789,706,325
Cyfanswm (yfed)	1,134,341		15,592,167,510
Dŵr golchi	253,351	29	2,681,720,335
Cyfanswm (gwartheg)			18,273,887,845

- Mae y tu hwnt i gylch gwaith y prosiect hwn i amcangyfrif y galw am ddŵr ar gyfer da byw yn y dyfodol, a fydd yn dibynnu ar sawl ffactor, gan gynnwys niferoedd da byw, newidiadau yn y galw am ddŵr yfed ar gyfer da byw sy'n gysylltiedig â newidiadau mewn tymereddau ac ati. Mae Knox et al. yn awgrymu (2013) cynnydd o 5-10% ar gyfer gwartheg sy'n seiliedig yn gyfan gwbl ar y berthynas rhwng tymheredd a'r galw am ddŵr yfed. Fodd bynnag, maent yn cydnabod bod hyn yn debygol o fod yn danamcangyfrif oherwydd yr effeithiau anuniongyrchol eraill lu sy'n gysylltiedig â newid yn yr hinsawdd.

11.1 Casgliadau

- Mae'r galw presennol am ddŵr ar gyfer gwartheg yng Nghymru tua 18.3 miliwn m³ (o ystyried mathau eraill o dda byw, mae hyn yn cynyddu i tua 30 miliwn m³). Mewn cymhariaeth, mae'r galw am ddŵr dyfrhau a gyfrifwyd ar gyfer tatws yn 2020 <1 i 2.3 miliwn m³ (h.y. <15% o'r galw am ddŵr ar gyfer gwartheg yn seiliedig ar y ffigur uchaf) a 3.5-3.7 miliwn m³ ar gyfer gwenith (h.y. 20% o'r galw am ddŵr ar gyfer gwartheg). Er y bydd y galw am ddŵr dyfrhau yn tyfu yn y dyfodol, mae hyd yn oed y galw mwyaf o a ragwelwyd ar gyfer gwenith, sef tua 12 miliwn m³, yn llai na'r dŵr a ddefnyddir gan wartheg ar hyn o bryd.

¹¹

<https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/populationandmigration/populationestimates/bulletins/annualmidyearpopulationestimates/mid2019estimates>

-

12 Effeithiau a chydymffurfiaeth

12.1 Tynnu dŵr

- Gall dŵr gael ei dynnu o afonydd, nentydd, pyllau, ffynhonnau, tyllau turio a draeniau. Mae cost tynnu dŵr yn rhatach yn ystod y gaeaf (mis Tachwedd i fis Mawrth) na'r haf (mis Ebrill i fis Hydref).

12.1.1 Ceisiadau

- Mae Cyfoeth Naturiol Cymru yn gyfrifol am reoli adnoddau dŵr yng Nghymru er mwyn sicrhau nad yw tyniadau yn niweidio'r amgylchedd ac i ddiogelu cyflenwadau dŵr presennol. O dan Ddeddf Adnoddau Dŵr 1991, bydd angen trwydded ar gyfer y rhan fwyaf o'r tyniadau wyneb a dŵr daear dros 20 m³ y diwrnod. Dylai trafodaethau â Cyfoeth Naturiol Cymru gael eu cynnal ar gam cynnar yn ystod y broses o ddylunio cronfeydd dŵr er mwyn sicrhau bod dŵr ar gael i'w dynnu yn yr ardal arfaethedig. Os nad yw ar gael, bydd yn rhaid asesu ffynonellau dŵr/lleoliadau eraill fel dewis amgen.
- Mae ceisiadau yn gofyn am wybodaeth am leoliad y cynnig, o ble y daw'r dŵr ac a oes modd cael y dŵr yn gyfreithlon. Y drwydded fwyaf cyffredin a ddefnyddir ar gyfer cronfeydd dŵr a dyfrhau ar ffermydd yw trwydded tynnu dŵr lawn sy'n caniatáu tynnu dŵr dros gyfnod o 28 diwrnod neu fwy. Fel arfer, mae'r rhain wedi'u targedu at amseroedd tynnu dŵr yn ystod y gaeaf er mwyn manteisio ar y galw is am ddŵr mewn sectorau eraill yn ogystal â llifau uwch.
- Gall trwyddedau tynnu dŵr dros dro gael eu defnyddio os bydd angen tynnu dŵr dros gyfnod o lai na 28 diwrnod. Efallai y bydd angen trwyddedau eraill mewn ardaloedd dynodedig neu mewn rhai sefyllfaoedd a allai gynnwys: trwydded i osod ysgol bysgod neu drwydded gweithgarwch perygl llifogydd yn ogystal â'r posibilrwydd o drwydded rhywogaeth a warchodir neu drwydded amgylcheddol i ryddhau i ddŵr wyneb neu ddŵr daear, y maent oll yn dibynnu ar sefyllfaoedd unigol.

12.1.2 Diwygiadau

- Mae tynnu dŵr yn ystod yr haf ar hyn o bryd yn darwagio adnoddau dŵr o'r amgylchedd a defnyddwyr eraill. Mae rhagolwg UKCP y bydd 56% yn llai o law yn ystod yr haf o dan y senario RCP uchel yn golygu nad yw'r lefelau presennol o dynnu dŵr yn ystod yr haf yn anghynaliadwy. Er mwyn mynd i'r afael â'r gystadleuaeth am ddŵr rhwng cynefinoedd, aelwydydd, diwydiant, prif afonydd, adloniant; ar fathau gwahanol o bridd; arferion amaethyddol; ac ar is-rywogaethau cnydau, mae Llywodraeth y DU wedi llunio'r Cynllun Tynnu Dŵr.
- Bydd diwygiadau i drefniadau tynnu dŵr yn newid trwyddedau tynnu dŵr er mwyn diogelu'r amgylchedd a byddant yn blaenoriaethu newidiadau i drwyddedau, a fydd yn cael yr effaith fwyaf. Nod y diwygiadau yw sicrhau bod tua 90% o gyrff dŵr wyneb a 77% o gyrff dŵr daear yn cyrraedd y safonau gofynnol erbyn 2021. Bydd y diwygiadau yn effeithio ar y ffordd y gall amaethyddiaeth ddefnyddio dŵr ac maent yn cynnwys:
 - Adolygiad o drwyddedau ag iddynt derfyn amser erbyn 2021, gan eu haddasu yn ôl yr angen er mwyn sicrhau nad ydynt yn caniatáu niwed amgylcheddol nawr neu yn y dyfodol
 - Addasu pob trwydded barhaol y dangoswyd ei bod yn achosi niwed mawr.

- Diddymu tua 600 o drwyddedau nas defnyddir am nad oes eu hangen mwyach, a gweithio gyda thynwyr dŵr i leihau nifer y trwyddedau a danddefnyddir. Bydd hyn yn atal rhagor o ddŵr rhag cael ei dynnu.
- Fel rhan o'r diwygiadau, cynigir y dylid symud gweithgarwch trwyddedu tynnu a chronni dŵr i gyfundrefn y Rheoliadau Trwyddedu Amgylcheddol (EPR). Bydd hyn yn rhoi cyfle i'r rheoleiddwyr ddiweddarar deddfwriaeth er mwyn sicrhau ei bod yn addas at y dyfodol a'i bod yn cefnogi dull mwy hyblyg o drwyddedu sy'n caniatáu gwell mynediad i ddŵr ac yn diogelu'r amgylchedd ar y pryd.

12.2 Storio dŵr ar ffermydd

- Ar hyn o bryd, tynnir y rhan fwyaf o ddŵr dyfrhau o ffynonellau dŵr wyneb (52%) a dŵr daear (41%) gyda'r gweddill yn dod o'r cyflenwad dŵr cyhoeddus, pyllau a glaw a gynaeafwyd (7%). Mae tynnu dŵr yn weithgarwch tymhorol, gyda 68% yn digwydd rhwng mis Mehefin a mis Awst fel arfer. Caiff traean (32%) ei dynnu yn ystod misoedd y gaeaf a phan fydd llifau afonydd yn uchel a'i storio mewn cronfeydd dŵr ar ffermydd yn barod i'w ddefnyddio yn ystod yr haf (Knox *et al.*, 2020).
- Gall cronfeydd dŵr wella cadernid cyflenwadau dŵr busnes drwy gydol y tymor dyfrhau gryn dipyn. Nid oes angen llawer o ynni i dynnu dŵr bob dydd a'i storio a gellir ei addasu pan fydd y llif yn isel (AHDB, 2019). Mae cronfeydd dŵr mwy o faint hefyd yn cynnig y gallu i storio dŵr sy'n cael ei dynnu neu ei gynaeafu yn ystod y gaeaf pan fydd y llif ar ei lefel uchaf neu pan fydd cyfnodau o law. Os bydd argaeledd tir addas yn cyfyngu ar y posibilrwydd o greu cronfa ddŵr, yna gellir gwella cadernid cyflenwadau dŵr busnes yn y byrdymor drwy osod a defnyddio tanciau storio dŵr. Dylai tanciau storio dŵr fod o faint sy'n ei gwneud yn bosibl i ddigon o ddŵr fod ar gael am o leiaf 48 awr yn ystod cyfnod y galw mwyaf am ddyfrhau os bydd y prif gyflenwad yn methu (AHDB, 2019).
- Mae rhagolygon newid yn yr hinsawdd yn awgrymu y disgwylir i aeafau fod ychydig yn wlypach ac i hafau fod yn sychach, sy'n golygu y bydd y gofyniad i ddyfrhau yn debygol o gynyddu. O ganlyniad, dylai cronfeydd dŵr fod yn ddigon mawr i ymdopi â sychder mwy eithafol o bosibl yn y dyfodol.

12.3 Manteision cymdeithasol ac economaidd tynnu dŵr

12.3.1 Cadernid a gwasanaethau

- Gellir defnyddio tir amaethyddol i greu cronfa ddŵr i leihau perygl llifogydd ac mae'n rhan annatod o'r gwaith o reoli llifogydd. Mae'n cynnig mantais bosibl drwy roi ffordd o dynnu a storio dŵr ar ôl digwyddiadau glaw dwys iawn. Gall ei allu i storio dŵr fod yn fodd i liniaru effeithiau niweidiol dŵr llifogydd o afonydd yng Nghymru.

12.4 Caniatadau cynllunio

- Bydd y gofynion cynllunio angenrheidiol yn dibynnu ar faint, lleoliad a sefyllfa benodol fferm. Mae gwybodaeth am faterion cynllunio ar gael gan swyddfeydd cynllunio awdurdodau lleol.

12.4.1 Caniatâd cynllunio

- **Gorchymyn datblygu a ganiateir 1995.** Gellir cael caniatâd i adeiladu rhai cronfeydd dŵr ar ffermydd o dan Orchymyn Cynllunio Gwlad a Thref (Datblygu Cyffredinol a Ganiateir) 1995/2015. Mae'n fwy tebygol y bydd hyn yn gymwys i gronfeydd dŵr llai o faint (<25,000 m³). Bydd angen cyflwyno cais o hyd i'r awdurdod cynllunio lleol er mwyn cadarnhau bod yr

hawliau datblygu a ganiateir yn dderbyniol. Os nad yw'r gwaith adeiladu yn bodloni'r gofynion, yna bydd angen cael caniatâd llawn.

- **Caniatâd llawn.** Os bydd angen caniatâd cynllunio llawn, mae cynllunwyr hefyd yn gadarnhaol ynglŷn â cheisiadau am gronfeydd dŵr ar ffermydd fel arfer, oherwydd y manteision o ran cynaliadwyedd a gynigir gan y datblygiad. Bydd angen cynlluniau llawn i gyflwyno cais llawn; dyluniad y gronfa ddŵr, map o'r safle, y tir sydd o dan berchenogaeth/rheolaeth yr ymgeisydd, cynlluniau yn dangos diwyg adeiladau cyfagos, pwyntiau mynediad i'r safle, coed, ffyrdd ac unrhyw beth arall sy'n berthnasol i'r cais i'w gyflwyno. Bydd arweiniad ar yr wybodaeth sydd ei hangen wedi'i nodi gan yr awdurdod cynllunio lleol. Gallai asesiadau a fydd yn angenrheidiol o bosibl gynnwys manylion unrhyw dirwedd arbennig neu werth naturiol y safle yn ogystal ag unrhyw asesiad o'r effaith amgylcheddol y tybir ei fod yn angenrheidiol.
- Caiff nodweddion o ddiddordeb archaeolegol lleol eu pennu gan yr awdurdod lleol a bydd angen asesiadau yn dibynnu ar eu lleoliad. Os bydd angen ymchwiliadau, efallai y byddant naill ai yn cynnwys archwiliad yn ystod gwaith cloddio neu astudiaethau manylach a all gynnwys cloddiadau ffos cyn adeiladu a all fod yn hirfaith ac yn ddrud.
- Caiff effaith amgylcheddol y gwaith adeiladu a'r defnydd o'r gronfa ddŵr ei barnu a dylid cynnwys mesurau lliniaru lle y bo modd. Efallai y bydd awdurdodau lleol yn gofyn am i asesiadau o'r effaith amgylcheddol gael eu cynnal er mwyn helpu i fesur yr effaith amgylcheddol.
- Dylid hefyd ystyried effaith y gwaith adeiladu ar yr ardal gyfagos. Mae'n hanfodol ystyried effaith y gwaith adeiladu/defnydd o'r gronfa ddŵr ar y gymuned gyfagos. Dylai'r ffactorau sydd i'w hystyried gynnwys ystyried a effeithir ar hawliau tramwy cyhoeddus, sut y bydd y traffig adeiladu yn effeithio ar gymunedau a seilwaith lleol ac yn integreiddio â nhw, a fydd datblygu'r gronfa ddŵr yn effeithio ar unrhyw dyniadau dŵr eraill. Os yw'n debygol y bydd effeithiau nodedig ar yr ardal leol, yna dylid rhoi mesurau lliniaru ar waith lle y bo modd. Mae mesurau blaenorol i liniaru'r effaith ar y gymuned wedi cynnwys defnyddio'r cronfeydd dŵr ar gyfer gwylio adar neu bysgota.

12.5 Deddfwriaeth allweddol

12.5.1 Cofrestru'r gronfa ddŵr

- Bydd yn ofynnol cofrestru cronfeydd dŵr sy'n gallu dal mwy na 10,000 m³ (uwchlaw lefel naturiol y ddaear) yn ffurfiol â Cyfoeth Naturiol Cymru.

12.5.2 Deddf Cronfeydd Dŵr 1975

- Mae Deddf Cronfeydd Dŵr 1975 yn cael ei gorfodi gan Cyfoeth Naturiol Cymru a'i nod yw cynnal diogelwch strwythurau sy'n dal dŵr uwchlaw lefel naturiol y ddaear. Mae cronfeydd dŵr sy'n dal 25,000 metr ciwbig neu fwy wedi'u cynnwys ac mae'n rhaid i'r broses o ddylunio ac adeiladu cronfa ddŵr o'r fath gael ei goruchwyllo gan un o beirianwyr y panel annibynnol. Unwaith y bydd wedi'i chwblhau, mae'n rhaid iddi gael ei harchwilio'n rheolaidd gan un o beirianwyr y panel ac mae'n rhaid cadw cofnodion ynglŷn â'r defnydd o'r gronfa ddŵr (faint o ddŵr sy'n mynd i mewn/cael ei dynnu a dyddiadau ac ati).

12.5.3 Deddf Rheoli Llifogydd a Dŵr 2010

- Mae Deddf Rheoli Llifogydd a Dŵr 2010 yn diwygio Deddf Cronfeydd Dŵr 1975 o ran rheoli perygl llifogydd o gronfeydd dŵr y tybir eu bod yn rhai "Risg Uchel" yn seiliedig ar ffactorau heblaw maint y gronfa ddŵr, megis lleoliad a'r effaith bosibl ar fywydau dynol pe bai'r gronfa

ddŵr yn torri. Cyfoeth Naturiol Cymru sy'n dosbarthu cronfeydd dŵr ac mae'n ofynnol penodi peirianwyr sifil i oruchwyllo ac archwilio cronfeydd dŵr y nodwyd eu bod yn rhai risg uchel.

12.5.4 Deddf Draenio Tir 1991 (fel y'i diwygiwyd yn 1994)

- Deddf Draenio Tir 1991 yw'r ddeddfwriaeth sy'n ymwneud â sicrhau na chaiff llif rhydd dŵr ei atal.

13 Arferion da ar gyfer prosiectau cronfeydd dŵr

- Mae angen prosesau cynllunio, adeiladu a chynnal a chadw cywir ar gronfeydd dŵr er mwyn iddynt weithredu'n effeithlon a pharhau i wneud hynny am gynifer o flynyddoedd â phosibl.

13.1 Cynllun prosiect

- Mae angen i gronfa ddŵr gael ei chynllunio a'i hadeiladu drwy ddefnyddio'r gweithwyr proffesiynol cymwysedig cywir a hefyd drwy gadw at y ddeddfwriaeth sy'n llywodraethu prosesau adeiladu a defnyddio cronfeydd dŵr. Cynghorir y dylid defnyddio un o beirianwyr y panel neu beiriannydd cronfeydd dŵr sydd wedi'i ardystio'n gywir.

13.1.1 Lleoliad

- Mae lleoliad safle cronfa ddŵr yn hollbwysig er mwyn iddi gael ei hadeiladu, ei defnyddio a'i chynnal a'i chadw yn llwyddiannus. Y lleoliadau mwyaf addas yw safleoedd gwastad sydd â mynediad da ar dir nad yw'n gynhyrchio iawn a/neu'n werthfawr iawn, gyda math addas o bridd (h.y. hydreddio'n araf) sy'n ei gwneud yn bosibl i'r gronfa ddŵr gael ei defnyddio'n effeithlon ac sy'n sicrhau costau adeiladu is. Bydd safleoedd ar lethrau serth yn gofyn am arglawdd mwy o faint er mwyn rheoli pwysedd y dŵr sy'n mynd allan o'r gronfa ddŵr, gan arwain at gronfa ddŵr fwy o faint, a fydd yn fwy costus. Fel arfer, mae cronfeydd dŵr costeffeithol ar lethr o lai na 5°. Bydd angen ymgynghori â pheiriannydd strwythurol os bydd cronfa dŵr ar lethr sy'n fwy na 1:25. Gall hefyd fod yn fanteisiol lleoli cronfeydd dŵr ar safleoedd uwch er mwyn caniatáu llif drwy rym disgrychiant neu leihau'r angen i bwmpio dŵr.
- Cynghorir y dylid lleoli cronfa ddŵr mewn man ymarferol sy'n agos i'r ardaloedd i'w dyrhau a'r ffynhonnell ddŵr gychwynnol ac os bydd angen pwmpio dŵr gellir lleihau costau adeiladu, rhedeg a chynnal a chadw os caiff ei lleoli yn agos i ffynhonnell ynni (trydan) yn ogystal â sicrhau mwy o effeithlonrwydd.
- Wrth ddewis y safle, dylid gwneud cryn ymdrech i sicrhau bod lleoliad y gronfa ddŵr yn tarfu cyn lleied â phosibl ar y dirwedd o'i hamgylch. Ni ddylai safleoedd fod ar ardaloedd sy'n sensitif yn amgylcheddol na SoDdGAau, nac yn agos iddynt, a dylid osgoi parthau hanesyddol neu nodweddion archaeolegol.
- Ni ddylid lleoli cronfeydd dŵr ar dir y gwyddys ei fod yn mynd yn wlyb/dirlawn iawn neu lle mae ffynhonnau (rhaf sy'n llifo'n aml ai peidio). Mae ardaloedd 'gwlyb' yn gwneud cronfeydd dŵr â leinin o glai yn fwy hydraidd yn ogystal â chynyddu'n sylweddol y risg y bydd argloddiau yn llithro naill ai drwy beri i bridd yr argloddiau fynd yn fwy dirlawn neu drwy danseilio cryfder strwythurol yr arglawdd.
- Wrth adeiladu cronfa ddŵr, ni ddylid ystyried gorlifdiroedd am y bydd cronfa ddŵr yn lleihau gallu gorlifdiroedd i ddal dŵr llifogydd (a chynyddu llifogydd mewn mannau eraill o bosibl). Mae potensial hefyd i ddŵr llifogydd ansefydlogi argloddiau cronfa ddŵr.
- Bydd angen osgoi safleoedd sy'n agos i seilwaith neu wasanaethau hefyd, e.e. ffyrdd, tai, llinellau trydan neu nwy uwchben ac o dan y ddaear. Dylai lleoliadau fod i ffwrdd o lwybrau mynediad cyhoeddus ac ni ddylent fod yn agos i anheddau oherwydd pryderon ynglŷn â

diogelwch am fod pobl/plant yn byw gerllaw. Gall fandaliaeth neu ddifrod hefyd fod yn risg o ran leinin y gronfa ddŵr os gall pobl gyrraedd y safle'n hawdd.

13.2 Arferion gorau safonol

13.2.1 Dyluniad

- Bydd llawer o ffactorau yn dylanwadu ar y math o gronfa ddŵr a ddewisir a'i dyluniad, er enghraifft faint o ddŵr y bydd angen ei storio, adnoddau ariannol, argaeledd dŵr, lleoliadau safleoedd (daeareg, topograffi ac ati) a rheoliadau cynllunio.
- Er mwyn storio llawer o ddŵr a dynnir yn ystod y gaeaf at ddibenion dyfrhau cnydau maes, yr opsiwn cyntaf yw cronfa ddŵr ag argloddiau pridd, er bod lle i gronfeydd dŵr a thanciau adeiledig yn y dalgylch a defnyddio glaw. Mae'r ffyrdd mwyaf cyffredin o storio dŵr ar ffermydd yn cynnwys cronfeydd dŵr wedi'u byndio (gyda leinin neu heb leinin) a thanciau storio o dan y ddaear neu ar wyneb y ddaear wedi'u hadeiladu o gerrig neu ddur.

13.2.2 Cronfeydd dŵr agored

- Gall cronfeydd dŵr agored ond dal dŵr islaw lefel y ddaear o'u hamgylch neu gallant gael eu hadeiladu ag argloddiau sy'n gallu cadw dŵr uwchlaw lefel y ddaear o'u hamgylch. Mae dal dŵr islaw lefel y ddaear o amgylch cronfa ddŵr yn ei gwneud yn bosibl i'w llenwi drwy rym disgyrchiant. Gelwir cronfeydd dŵr sy'n storio dŵr yn gyfan gwbl islaw lefel y ddaear yn byllau. Fodd bynnag, mae'r rhain yn anghyffredin gan y bydd yn rhaid symud y pridd a gloddiwyd o'r pwll oddi ar y safle, sy'n arwain at gostau uwch. Hefyd, bydd angen cloddio'n ddyfnach er mwyn sicrhau'r un cynhwysedd storio â chronfa ddŵr sy'n rhannol islaw/uwchlaw lefel y ddaear.
- Y dyluniad adeiladu mwyaf cyffredin a rhataf yw lle mae'r gronfa ddŵr yn cael ei chloddio ac mae'r pridd a gloddiwyd yn cael ei ddefnyddio i ffurfio'r arglawdd sy'n ei gwneud yn bosibl i storio dŵr uwchlaw lefel y tir o'i hamgylch. Yna, nid oes angen symud y ddaear oddi ar y safle. Gellir lleihau effeithiau dyluniadau ar y dirwedd o'u hamgylch i'r eithaf drwy sicrhau y defnyddir lleoliad addas a mesurau lliniaru priodol. Y cronfeydd dŵr hyn sy'n mynd â'r darn mwyaf o dir fel arfer.

13.2.3 Tanciau ar wyneb y ddaear/o dan y ddaear

- Mae tanciau storio ar wyneb y ddaear neu o dan y ddaear yn fwy addas ar gyfer cynaeafu glaw na storio dŵr a dynnir oherwydd eu cost uchel a'u cynhwysedd is na chronfa ddŵr gonfensiynol. Er ei bod yn annhebygol iawn y bydd cynaeafu glaw yn cyflenwi cymaint o ddŵr â thynnu dŵr o gronfa ddŵr iawn, mae'n opsiwn defnyddiol o hyd o ran lleihau gofynion tynnu dŵr a defnyddio dŵr a fyddai'n cael ei golli fel arfer, a thrwy hynny wella effeithlonrwydd dŵr fferm.
- Gellir casglu'r dŵr glaw oddi ar adeilad fferm (efallai y bydd angen caniatadau cynllunio os gwneir newidiadau mawr i adeiladau) a'i gludo mewn piblinell i ardal storio i'w ddefnyddio pan fo galw mawr am ddŵr. Gellir storio dŵr a gasglwyd mewn tanc ar wahân o ddŵr a gynaeafwyd neu os yw'n ymarferol, gellir ei gludo'n uniongyrchol mewn piblinell i'r brif gronfa ddŵr ddyfrhau. Gellir hefyd gasglu dŵr a'i ddefnyddio ar gyfer tasgau eraill ar y fferm megis golchi peiriannau neu brosesu cnydau os nad oes ei angen at ddibenion dyfrhau.
- Mae tanciau ar wyneb y ddaear fel arfer yn cael eu hadeiladu o goncrid neu ddur. Maent yn cynnig opsiwn storio posibl da yn yr hirdymor. Efallai y bydd angen pwmpio dŵr i'w llenwi ond gallant gynnig llif drwy rym disgyrchiant yn y lleoliad cywir. Fel arfer, mae eu harwynebedd yn llai na rhai cronfeydd dŵr agored eraill, sy'n golygu cyfradd sychdarthu, anweddu a thrydarthu

isel a gellir eu gorchuddio lle y bo angen. O'u cymharu â mathau eraill o storio, nid ydynt yn erydu nac yn cael eu difrodi gan blâu ac ati ond mae risg uchel y byddent yn cael eu difrodi gan beiriannau mewn rhai lleoliadau (e.e. mewn buarth) yn ogystal â mynd â lle ar y buarth. Mae'r systemau tanc hyn yn aml yn gostus iawn am y cynhwysedd storio a ddarperir ganddynt a gallant fod yn gymhleth eu dyluniad a hefyd yn anodd i'w hehangu os bydd angen. Gallant hefyd gael effaith negyddol ar y dirwedd.

- Mae tanciau o dan y ddaear yn debyg i danciau ar wyneb y ddaear ond maent yn llai tebygol o gael eu difrodi, maent yn mynd â llai o le ac maent yn fwy dymunol o safbwynt esthetig yn y dirwedd o'u hamgylch. Fodd bynnag, maent yn fwy costus na thanciau storio ar wyneb y ddaear ac yn llai hygyrch at ddibenion atgyweirio/cynnal a chadw.
- Nid yw tanciau storio ar wyneb y ddaear nac o dan y ddaear yn gallu storio'r lefelau o ddŵr sydd eu hangen i ddyfrhau caeau, maent yn aml yn rhy gostus ar gyfer storio dŵr o'u cymharu â chronfa ddŵr agored ac nid ydynt yn gyffredin ar hyn o bryd.

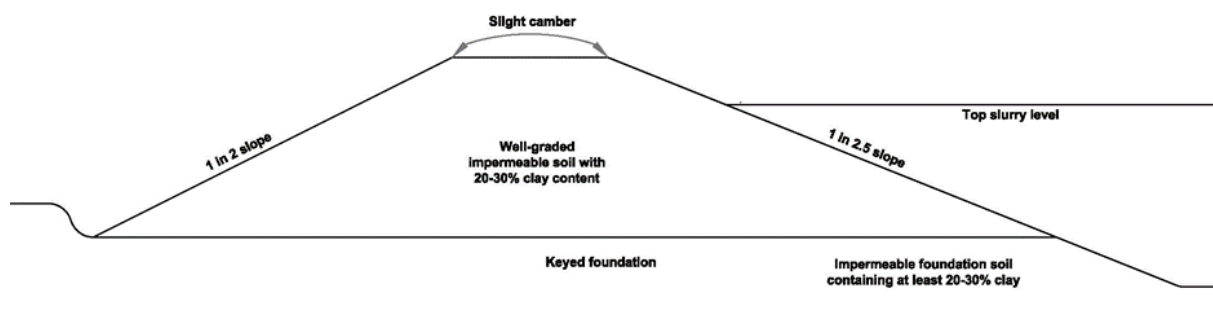
13.3 Dewis Safle ac Adeiladu

13.3.1 Math o bridd

- Mae hydreiddedd y strwythur yn dibynnu ar y math o bridd dan sylw. Er mwyn storio dŵr yn llwyddiannus, bydd yn rhaid i bridd fod yn ddigon anhydraidd i atal dŵr rhag dianc. Mae priddoedd sy'n cynnwys o leiaf 20% o glai yn addas. Fel arall, bydd angen leinin. Ni ddylid defnyddio priddoedd sy'n cynnwys mwy na 30% o glai oherwydd maent yn anodd i'w ffurfio ac yn tueddu i gylchlithro. Nid yw priddoedd caregog yn addas ychwaith na'r rhai sy'n cynnwys mwy na 30% o gerrig sy'n fwy nag 20 mm oherwydd y diffygion a achosir yn ystod y broses adeiladu.
- Dylai pyllau treialu gael eu cloddio gan beiriannydd cymwysedig cyn i unrhyw waith ddechrau. Bydd yn rhain yn canfod beth yw'r math o bridd dan sylw, a yw'n addas i'w ddefnyddio ac a oes unrhyw gyfyngiadau isorweddol yn y ddaear/pridd a all godi wrth adeiladu (e.e. ffynhonnau, haenau caregog a hydraidd ac ati). Dylent gael eu cloddio yn unol â BS 5930: 2015; y cod ymarfer ar gyfer archwilio safleoedd. Dylai pyllau gael eu cloddio ar bellter cyfartal oddi wrth ei gilydd o amgylch yr ardal dan sylw a dylid cloddio un yng nghanol y gronfa ddŵr.

13.3.2 Arglawdd

- Dylai argloddiau cronfeydd dŵr gael eu dylunio gan gontractwyr cymwysedig a phrofiadol, sy'n cadw at y gofynion yn BS EN 1997-1:2004. Mae'n rhaid i'r strwythur wrthsefyll grymoedd hydrostatig y dŵr a hefyd fod yn ddigon anhydraidd i'r dŵr a gronnir. Mae angen i argloddiau a adeiledir wrthsefyll y llwyth a roddir arnynt, gan sicrhau lled a llethrau addas heb unrhyw gylchlithro, a gyfrifir o BS 5502, rhan 50 drwy ddefnyddio peiriannydd cymwysedig.
- Dylai'r argloddiau gael eu hadeiladu â chromen fach er mwyn sicrhau bod glaw yn rhedeg oddi arnynt ac nad yw'n cronni mewn pyllau, gan y gall hyn dreiddio i mewn i'r arglawdd, gan achosi iddo fethu (Ffigur 23). Os bwriedir defnyddio peiriannau ar ben yr arglawdd, yna bydd angen lled addas a bydd angen unioni unrhyw ddifrod a achosir mor fuan â phosibl. Pan gaiff peiriannau eu defnyddio'n rheolaidd er enghraifft i bwmpio dŵr neu lenwi cronfa ddŵr, yna dylid adeiladu pad concrid i atal yr argloddiau rhag erydu a chael eu difrodi. Wrth adeiladu'r argloddiau, dylent fod o leiaf 10% yn uwch na'r uchder arfaethedig er mwyn caniatáu ar gyfer pridd yn setlo ar ôl iddynt gael eu hadeiladu.
- Os caiff cronfa ddŵr ei hadeiladu yn gyfan gwbl islaw lefel wreiddiol y ddaear, yna gellir defnyddio ongl fwy serth i'r argloddiau gan na fu unrhyw darfu ar y pridd. Ond mae'r rheoliadau uchod yn dal i fod yn gymwys.



Ffigur 23. Enghraifft nodweddiadol o adeiladu argloddiau ar bridd anhydraidd

13.3.3 Siâp

- Bydd siâp y gronfa ddŵr yn dibynnu ar y caniatadau cynllunio, y safle/tirwedd a'r gyllideb ar gyfer y gronfa ddŵr. Deellir yn gyffredinol mai cronfeydd dŵr petryalog yw'r rhai rhataf i'w hadeiladu ond mae siâp crwn yn rhoi gwell cymhareb rhwng y dŵr a storir/arwynebedd yr argloddiau. Dylid anelu at sicrhau bod siâp y gronfa ddŵr yn dod yn rhan o'r dirwedd o'i hamgylch er mwyn lleihau ei heffaith amgylcheddol. Lle y bo modd, dylid defnyddio siapiau afreolaidd sy'n dilyn y dirwedd er mwyn creu dyluniad mwy naturiol.

13.3.4 Gyda leinin/heb leinin

- Byddai'n rhaid gosod leinin mewn cronfa ddŵr pe bai'r pridd yn methu â chydymffurfio â'r rhagofynion o ran hydreiddedd fel y nodir uchod. Os gellir cael gafael ar glai a'i fod yn addas at ddibenion adeiladu, yna gellir rhoi haen tua 2-4 metr o drwch fel leinin i'r gronfa ddŵr.
- Os nad oes clai ar gael neu os yw'n anaddas, yna dylid defnyddio leinin a weithgynhyrchwyd megis biwtyl neu bolypropylen. Dylid dilyn canllawiau gweithgynhyrchwyr leinin er mwyn gwneud y dewis gorau yn y sefyllfa benodol a'r wybodaeth am ofynion gosod a hyd oes, a all fod wedi'i warantu am hyd at 20 mlynedd.
- Efallai y bydd systemau canfod gollyngiadau yn berthnasol mewn rhai cronfeydd dŵr â leinin. Dylid adeiladu system dyllog o biblinellau o dan y leinin, sy'n draenio i fan canolog, er mwyn dal dŵr sy'n gollwng drwy'r leinin. Drwy ddraenio dŵr i un man bydd modd ei archwilio (ac wrth ei ddehongli dylid caniatáu ar gyfer rhywfaint o ddŵr sydd wedi draenio oddi ar y tir yn naturiol).
- Ar safleoedd lle y bydd y pridd yn allyrru lefelau uchel o nwy o bosibl, bydd angen gosod tyllau awyr o dan y leinin er mwyn i'r nwy ddianc. Os na wneir hyn, mae'n bosibl y bydd nwy yn cronni o dan y leinin, gan ei godi a chreu swigen yn y gronfa ddŵr.

13.3.5 Iechyd a diogelwch

- Perchennog y gronfa ddŵr sy'n gyfrifol am iechyd a diogelwch. Dylai arwyddion perygl sy'n nodi dŵr dwfn fod yn bresennol (Iechyd a Diogelwch – Rheoliadau Arwyddion a Signalau Diogelwch 1996). Dylid gosod ffens o amgylch yr ardal er mwyn cyfyngu ar nifer y bobl a da byw a all fynd ar y tir, gan sicrhau nad yw ffensys yn cynnig unrhyw le i afael â llaw na throedle, ynghyd â mesurau addas i atal mynediad. Yn ogystal, bydd angen rhoi modd i bobl i ddod allan o'r gronfa ddŵr pe baent yn syrthio i mewn. Argymhellir y dylid gosod llwybrau dianc o leiaf bob 15 m o amgylch yr arglawdd.
- Mae'n hanfodol bod y gweithdrefnau iechyd a diogelwch cywir yn cael eu rhoi ar waith a'u dilyn o'r cam adeiladu hyd at y defnydd cyffredinol o'r gronfa ddŵr a'r cam cynnal a chadw.

Dylai'r cam adeiladu ddilyn Rheoliadau Dylunio a Rheoli Adeiladu 2015, sy'n cynnwys is-adrannau, a'r canllawiau a roddir gan yr Awdurdod Gweithredol Iechyd a Diogelwch.

- Dylid dilyn canllawiau Cyfoeth Naturiol Cymru ac arweiniad peirianwyr cronfeydd dŵr cymwysedig ar bob un o'r camau cynllunio ac adeiladu er mwyn sicrhau y caiff y gronfa ddŵr ei gosod yn ddiogel mewn ffordd sy'n cydymffurfio â'r rheoliadau.

13.4 Rheoli/cynnal a chadw

- Unwaith y bydd y gronfa ddŵr yn cael ei defnyddio, bydd angen ei chynnal a'i chadw a'i harchwilio'n rheolaidd. Dylai fod trefn reolaidd ac archwiliadau a dylid ei harchwilio ar ôl glaw trwm a phan fydd lefelau dŵr ar eu uchaf ac ar eu hisaf.
- Dylid sicrhau bod bwrdd rhydd (o lefel y dŵr i ben yr arglawdd) o 750 mm o leiaf bob amser yn ei le er mwyn sicrhau nad yw lefel y dŵr yn mynd yn uwch na chynhwysedd dylunio'r gronfa ddŵr ac yn gorlifo ac er mwyn osgoi erydu'r argloddiau a'u methiant posibl.
- Mae'n bwysig atal coed rhag tyfu ar argloddiau cronfa ddŵr gan y gall y gwreiddiau wanhau byndiau'n sylweddol.
- Dylid hefyd reoli anifeiliaid er mwyn lleihau'r risg o ddifrod i'r leinin neu'r byndiau. Gall gwahaddod, llygod mawr, llwynogod a chwingod dyllu i mewn i'r argloddiau, a gall gwartheg sy'n yfed/symud dros yr argloddiau achosi cryn ddifrod.
- Dylid mabwysiadu arferion da o ran rheoli tir yn amaethyddol o amgylch y gronfa ddŵr/ffynhonnell ddŵr. Dylid osgoi gordefnyddio maethynnau ar y tir a stocio niferoedd mawr o dda byw a dylid sicrhau clustogfeydd ac amseriadau cywir wrth ddefnyddio plaleiddiad (er mwyn lleihau drifft ac ati) er mwyn sicrhau na chaiff y dŵr ei halogi, gan arwain o bosibl at ordyfiant algâu neu ordyfiant chwyn o amgylch y gronfa ddŵr yn ogystal â llygredd o ganlyniad i gemegion, gwaddod ac ati.
- Dylid monitro'r gronfa ddŵr yn rheolaidd rhag gollyngiadau a difrod pan fydd yn llawn. Mae'n hanfodol chwilio am ardaloedd gwlyb ar argloddiau, ffynhonnau neu ddŵr wyneb canfyddedig yn y caeau o amgylch y gronfa ddŵr ac edrych yn fanwl ar yr argloddiau mewnol ac allanol am arwyddion o wendid/difrod. Dylid canolbwyntio'n fanwl ar lefel wreiddiol y ddaear (gwaelod yr arglawdd), lle mae'r piblinellau yn mynd i mewn i'r gronfa ddŵr neu'n dod allan ohoni a'r ardaloedd o dan y pwysau mwyaf. Os ydynt yn bresennol, bydd monitro systemau canfod gollyngiadau yn helpu i archwilio cronfeydd dŵr â leinin.

13.5 Tirlunio a chyfoethogi bywyd gwyllt

- Dylai cronfeydd dŵr gael eu dylunio i liniaru unrhyw darfu ar fywyd gwyllt o ganlyniad i waith adeiladu a chyfoethogi'r amgylchedd o ran bywyd gwyllt. Gall llawer o'r mesurau amgylcheddol hyn hefyd estyn oes y gronfa ddŵr a gwella effeithlonrwydd storio dŵr.
- Dylid plannu coed a phrysgwydd o amgylch y gronfa ddŵr er mwyn lleihau cyflymder y gwynt a lleihau'r risg y bydd tonnau'n erydu'r arglawdd. Mae coed yn diogelu argloddiau cronfa ddŵr rhag y tywydd a gallant daflu cysgod dros y dŵr a storir, gan leihau cyfraddau sychdardhu, anweddu a thrydardhu o bosibl. Gall coed hefyd helpu'r dirwedd i edrych yn naturiol o amgylch y gronfa ddŵr, gan leihau ei heffaith esthetig.
- Dylid tyfu glaswellt a/neu gyfuniadau o flodau gwyllt ar argloddiau er mwyn sefydlogi wyneb y pridd a lleihau'r risgiau o erydu. Mae cyfuniadau o flodau gwyllt yn hyrwyddo bioamrywiaeth a dylid rheoli llystyfiant er mwyn cyfyngu ar dwf chwyn ymledol.
- Dylai'r dyluniad gynnwys mannau mynd i mewn ac allan i anifeiliaid a phobl ar adegau pan fydd lefelau dŵr yn is drwy gynnwys llethrau bas ar ymyl y gronfa ddŵr. Os nad yw hyn yn

bosibl, efallai y bydd rampiau neu risiau yn ffordd o roi mynediad hawdd. Mae llethrau bas hefyd yn ei gwneud yn haws i lystyfiant ddatblygu.

13.6 Ansawdd a defnydd dŵr

- Dylai ansawdd y dŵr sy'n cael ei storio yn y gronfa ddŵr gael ei ystyried yn dibynnu ar y math o gnwd y caiff ei ddefnyddio arno a'r risgiau sy'n gysylltiedig â hyn. Mae lefelau halwynedd uchel yn y dŵr yn effeithio ar y potensial i dyfu tatws, felly bydd angen monitro ardaloedd lle mae risg o hyn yn codi. Efallai y bydd angen archwilio faint o waddoddion sydd yn y gronfa ddŵr, y crynodiadau o faethynnau a'r lefelau cemegol hefyd, yn dibynnu ar ei lleoliad a'r defnydd terfynol o'r dŵr ar gnydau. Efallai y bydd angen ystyried llwythi o bathogenau yn y dŵr mewn rhai sefyllfaoedd, megis wrth gynhyrchu cnydau ffres neu rai ffynonellau dŵr a all fod wedi'u halogi cyn mynd i mewn i'r gronfa ddŵr.
- Yn dibynnu ar yr amgylchiadau, efallai y bydd yn rhaid gosod system hidlo fel rhan o'r gadwyn ddyfrhau er mwyn cael gwared ar yr amhurdebau dan sylw. Gall y systemau hyn gael eu gosod cyn cyrraedd y gronfa ddŵr neu unwaith y bydd y dŵr wedi gadael y gronfa ddŵr, yn dibynnu ar y sefyllfa a'r nod.

13.7 Rhagor o ganllawiau a gwybodaeth

- Cymdeithas Ddyfrhau'r DU
- BS 8002:2015 – Cod ymarfer ar gyfer strwythurau sy'n cynnal pridd
- BS 5930: 2015 – Y cod ymarfer ar gyfer archwilio safleoedd
- Cyfoeth Naturiol Cymru
- Canllaw ar ddylunio cronfeydd dŵr ar ffermydd – Suffolk Coast a Heaths
- Cymdeithas Argaeau Prydain
- CIRIA C759b Pennod 7 Argloddiau lagynau
- Thinking about an irrigation reservoir? – A guide to planning, designing, constructing and commissioning a water storage reservoir. Prifysgol Cranfield.
- Farm Reservoir Design Guide. 2010. A guide to good planning and design of farm reservoirs in the Suffolk coast and heaths area of outstanding natural beauty. Uned AHNE Suffolk Coast and Heaths
- On-farm reservoir storage. ADAS UK Ltd a Phrifysgol Cranfield.

14 Crynodeb

14.1 Newidiadau yn y dyfodol yn hinsawdd Cymru

- Mae rhagolygon hinsawdd rhanbarthol UKCP18 yn seiliedig ar bedwar 'Llwybr Crynhoi Cynrychioliadol' (RCP), h.y. RCP2.6, RCP4.5, RCP6 a RCP8.5, sy'n cynrychioli'r amrediad o godiadau yn y newid yn y cydbwysedd ymbelydrol (o gymharu â'r amodau cynddiwydiannol) hyd at 2100 a geir mewn llenyddiaeth. Mae pob RCP ond yn un o nifer o senarios posibl a fyddai'n arwain at nodweddion penodol sy'n ymwneud â newid yn y cydbwysedd ymbelydrol. Mae rhagolygon newid yn yr hinsawdd UKCP18 yn cynrychioli cyfartaledd dros 30 mlynedd: mae model 2020 yn cynrychioli'r cyfnod 2010-2039; mae model 2050 yn cynrychioli'r cyfnod 2040-2069; ac mae model 2080 yn cynrychioli'r cyfnod 2070-2099. Yn yr adroddiad hwn, mae newidiadau yn y galw i dynnu dŵr at ddibenion dyfrhau sy'n gysylltiedig â thri senario wedi cael eu hystyried; mae isel yn cyfeirio at RCP4.5 (mae allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyrraedd eu lefel uchaf yn 2040 ac yna'n gostwng), mae canolig yn cyfeirio at RCP6 (mae allyriadau nwyon tŷ gwydr yn cyrraedd eu lefel uchaf tua 2080 ac yna'n gostwng ac mae uchel yn cyfeirio at RCP8.5 (mae allyriadau nwyon tŷ gwydr yn parhau i gynyddu).
- Nid yw rhagolygon UKCP18 o sut y gallai'r hinsawdd newid yng Nghymru dros y degawdau sydd i ddod yn rhagweld newid yng nghyfanswm y glaw blyneddol ond maent yn awgrymu newidiadau mewn dosbarthiad tymhorol; bydd lefelau glaw yn cynyddu yn ystod y gaeaf ac yn gostwng yn ystod misoedd yr haf o 2020 i 2080 o dan bob senario RCP. Mewn cymhariaeth, o ran glaw yn ystod yr haf yng Nghymru, mae gostyngiad canfyddadwy yn lefel y glaw rhwng cyfnodau 2020 a 2080 ond nid oes fawr ddim gwahaniaeth rhwng senarios RCP isel, canolig ac uchel. Yn ne a dwyrain Cymru y gwelir y gostyngiadau mwyaf yn lefelau glaw yr haf, er enghraifft o dan y senario canolig, mae ASR yn Nhorfaen yn gostwng 77 mm o 527 mm yn 2020 i 450 mm yn 2050 ac yn Rhondda Cynon Taf mae'n gostwng 85 mm o 687 mm yn 2020 i 602 mm yn 2050.
- Mae newidiadau mewn tymheredd a phatrwm glaw yn debygol o effeithio ar lefelau cynnyrch cnydau a'u hinsawdd a gallant effeithio ar hyfywedd cnydau a fwydir â glaw ar hyn o bryd. Mae straen dŵr o ganlyniad i ddiffyg glaw yn llai o risg yng Nghymru ar hyn o bryd nag ydyw mewn rhanbarthau sychach eraill o'r DU. Fodd bynnag, mae rhagolygon yr hinsawdd yn awgrymu bod y risg o straen dŵr yn debygol o gynyddu yn y dyfodol a phan fo sychder yn yr haf yn risg, gellid defnyddio prosesau dyfrhau i gynnal lefelau cnydau, ar gnydau sydd eisoes yn cael eu dyfrhau (e.e. tatws a llysiau maes) ac ar gnydau eraill a fwydir â glaw ar hyn o bryd megis gwenith.

14.2 Newidiadau yn y dyfodol o ran diffyg lleithder pridd

- Mae diffyg lleithder pridd yn cynrychioli'r cydbwysedd rhwng glaw a sychdarthu, anweddu a thrydarthu posibl. Yn seiliedig ar y dull a ddisgrifir yn yr ALC, gellir cyfrifo gwerthoedd diffyg lleithder pridd (MD) sy'n ymwneud â chnwd penodol ar gyfer tatws a gwenith (i gynrychioli ystod o gnydau â gwreiddiau bas a chnydau â gwreiddiau dyfnach). Defnyddiwyd y dull ALC i gyfrifo MD y ddau gnwd yn 2020, 2050 a 2080 o dan y senarios RCP isel, canolig ac uchel.
- O ran tatws, nid oedd fawr ddim gwahaniaeth yn yr SMD a ragwelwyd o dan y senarios isel, canolig ac uchel ar gyfer 2020 na 2050. Yr MD cyfartalog (tatws) i Gymru gyfan yn 2020 oedd tua 65 mm, yn amrywio o <20 mm yng Nghonwy i >100 mm ym Mro Morgannwg, Casnewydd a Chaerdydd Erbyn 2050, rhagwelwyd y byddai'r MD (tatws) hefyd >100 mm yn Ynys Môn, Sir y Fflint, Wrecsam, Abertawe a Sir Fynwy. Erbyn 2080, rhagwelwyd y byddai'r MD cyfartalog

(tatws) yn cynyddu i tua 85 mm o dan y senarios RCP isel/canolig (amrediad: <40 mm yng Ngwynedd a Chonwy i >120 mm yn Sir y Fflint, Bro Morgannwg, Casnewydd a Chaerdydd) ac i tua 100 mm o dan y senario RCP uchel (yn amrywio o <60 mm yng Ngwynedd a Chonwy i >140 mm yng Nghasnewydd a Chaerdydd). Mae'n werth nodi'r cynnydd o 30-40 mm a ragwelir yn yr MD ym mhob un o'r prif ardaloedd tyfu tatws (Ynys Môn, Sir Benfro, Sir Fynwy a Phowys) dros amser, sy'n awgrymu angen cynyddol i ddyfrhau.

- O ran gwenith, roedd yr MD a ragwelwyd yn 2020 (gwenith) o dan y senarios isel, canolig ac uchel yn debyg. Yr MD cyfartalog a ragwelwyd (gwenith) yn 2020 oedd 78 mm, gan amrywio o tua 40 mm yng Nghonwy i >100 mm yn Ynys Môn, Sir y Fflint, Bro Morgannwg, Casnewydd a Chaerdydd. Erbyn 2080, roedd yr MD cyfartalog a ragwelwyd (gwenith) wedi cynyddu tua 10 mm i tua 90 mm (amrediad: tua 60 mm yng Ngwynedd a Chonwy i > 120 mm yn Sir y Fflint, Casnewydd a Chaerdydd) o dan y senarios RCP isel a chanolig a 20 mm i tua 100 mm (amrediad: tua 70 mm yng Ngwynedd a Chonwy i > 130 mm yn Sir y Fflint, Casnewydd a Chaerdydd) o dan y senario RCP uchel. Mae'n werth nodi bod senarios UKCP18 yn rhagweld cynnydd o 19-26 mm yn yr MD ym mhob un o'r prif ardaloedd tyfu tatws (Sir Benfro, Sir Fynwy, Powys, Bro Morgannwg a Wrecsam) dros amser.

14.3 Dyfrhau

- Mae dyfrhau yn rheoli lefel y glaw a'i argaeledd tymhorol er mwyn sicrhau bod y cyflenwad dŵr yn cyfateb i anghenion amaethyddol. Gellir ei ddefnyddio i 'unioni' unrhyw ddiffyg lleithder a gwella potensial tir amaethyddol, yn enwedig mewn ardaloedd sychach. Mae'r galw am ddyfrhau yn amrywio'n sylweddol o flwyddyn i flwyddyn, yn dibynnu ar gynnwys dŵr pridd a reolir yn bennaf gan law, tymheredd a gwedd a strwythur pridd. Mae lefel glaw yr haf yn arbennig o bwysig o ran rheoli anghenion dyfrhau. I Gymru, cyfrifodd Knox *et al.* (2013) alw dyfrhau cyfeintiol ar gyfer blwyddyn sych 'ddylunio' (mae'r flwyddyn sych 'ddylunio' a ddiffiniwyd yn ystadegol yn hafal i'r 5ed flwyddyn sychaf o bob 20) o 3.5 miliwn m³, yr oedd dros 90% ohono ar gyfer tatws. Fel arfer, ni chaiff gwenith ei ddyfrhau o dan yr amodau hinsoddol presennol.
- Dros y 25 mlynedd diwethaf, bu cynnydd sylweddol yng nghyfraddau dyfrhau cnydau gwerth uchel, yn enwedig tatws a llysiau maes, sydd i'w briodoli i alwadau archfarchnadoedd am gyflenwad cyson a pharhaus o gynnyrch o ansawdd uchel (Knox *et al.*, 2013). Efallai y bydd polisi'r llywodraeth yn y dyfodol yn gwneud diwygiadau deddfwriaethol sylweddol i'r gyfundrefn trwyddedu tynnu dŵr er mwyn gostwng lefelau gordynnu ac adfer llifoedd amgylcheddol. Bydd hyn yn cyflwyno costau ychwanegol yn gysylltiedig â thrwyddedu ac efallai y bydd yn ei gwneud yn anos cael caniatâd i ddyfrhau tir. Ar hyn o bryd, mae dŵr ond yn cyfrif am 5-7% o gyfanswm y costau dyfrhau ac nid yw'r galw am ddŵr ar hyn o bryd yn ymateb i bris (Morris *et al.* 2004).
- Mae dyfrhau yn ddefnydd darvoudadwy (hynny yw, ni chaiff y dŵr ei ddychwelyd i'r amgylchedd yn y byrdymor) ac mae'n digwydd yn bennaf yn yr ardaloedd sychaf yn y blynyddoedd sychaf a'r misoedd sychaf pan fo adnoddau yn fwyaf cyfyngedig (Knox *et al.*, 2010). O ganlyniad, mae'n bosibl mai gweithgarwch dyfrhau fydd yn tynnu'r lefel uchaf o ddŵr mewn rhai dalgylchoedd yn ystod hafau sych (Watts *et al.*, 2015). Mae hyn yn creu gwrthdaro â galwadau eraill am ddŵr, yn enwedig y rhai ar gyfer cyflenwadau dŵr cyhoeddus a mesurau i ddiogelu'r amgylchedd.
- Lle mae dyfrhau yn cael ei ddefnyddio yn y DU ar hyn o bryd, mae tynnu dŵr yn ystod yr haf yn mynd yn gynyddol annibynadwy i lawer o ddeiliaid trwyddedu tynnu dŵr, ac mae'n amhosibl

cael trwyddedau newydd ar gyfer yr haf mewn llawer o ddalgylchoedd (Weatherhead *et al.*, 2014). Fodd bynnag, fel arfer mae'n bosibl tynnu dŵr yn ystod y gaeaf a/neu pan fo llifoedd yn uchel, a gall ddarparu adnodd mwy dibynadwy.

- Mae rhagolygon yr hinsawdd yn awgrymu bod y risg o straen dŵr yn debygol o gynyddu yn y dyfodol a phan fo sychder yn ystod yr haf yn risg, gellid defnyddio dyfrhau i gynnal lefelau cnydau, ar gnydau sydd eisoes yn cael eu dyfrhau (e.e. tatws a llysiau maes) ac ar gnydau eraill a fwydir â glaw ar hyn o bryd megis gwenith.

14.4 Senarios dyfrhau

- Yn 2017, cafodd tua 3,350 hectar o datws eu tyfu yng Nghymru, yr oedd 75% ohonynt yn datws prif gnwd gyda'r gweddill yn is-rywogaethau cynnar sy'n cael eu cynhaeafu erbyn 31 Gorffennaf fel arfer. Tyfir tua hanner y cnwd tatws yn Sir Benfro; yr ardaloedd eraill lle y tyfir mwy na 200 hectar o datws yw Ynys Môn, Sir Fynwy a Phowys. Bwydir y rhan fwyaf o datws a dyfir yng Nghymru â llaw ac nid ydynt yn cael eu dyfrhau. Yn yr un flwyddyn, roedd gwenith yn cael ei dyfu ar tua 21,500 hectar yng Nghymru, yr oedd 19% yn Sir Benfro, 19% yn Sir Fynwy, 18% ym Mhowys, 12% ym Mro Morgannwg ac 20% yn y gogledd-ddwyrain. Mae'n annhebygol bod dŵr dyfrhau yn cael ei ddefnyddio ar hyn o bryd ar unrhyw gnwd o wenith yng Nghymru.
- Cyfrifwyd y lefelau tynnu dŵr a ragwelwyd i ddyfrhau tatws a gwenith yn 2020, 2050 a 2080 i Gymru, gan dybio bod yr ardaloedd lle y tyfir y cnydau yn parhau ar y lefelau presennol, h.y. nid oedd unrhyw newid yn y dosbarthiad daearyddol, yr arwynebedd (hectarau) na'r math o gnwd (tatws cynnar a thatws prif gnwd) dros y cyfnod.

14.4.1 Dŵr a dynnir ar gyfer tatws

- Cyfrifwyd lefel y dŵr y byddai'n rhaid ei dynnu ar gyfer tri chyfnod/senario RCP, h.y. 2020 (isel), 2050 (uchel) a 2080 (uchel). Roedd y gofynion tynnu dŵr a fodelwyd yn seiliedig ar gynnal lôm tywodlyd ar 1) hanner y cynhwysedd dwr sydd ar gael wedi'i addasu yn ôl cnwd (trothwy nodweddiadol ar gyfer dechrau dyfrhau) a 2) cynnal diffyg lleithder pridd o ≤ 25 mm. O dan y senario cyntaf, cyfrifwyd y gofyniad tynnu dŵr gan dybio a) bod yr holl datws yn cael eu dyfrhau â dŵr a b) mai dim ond tatws prif gnwd oedd yn cael eu dyfrhau. O dan yr ail senario, tybiwyd bod yr holl datws yn cael eu dyfrhau. Yn unol â gwerthoedd llenyddiaeth, roedd cyfrifiadau tynnu dŵr yn cyfrif am golledion dyfrhau (h.y. 30% drwy ddefnydd ac 20% drwy anweddu) felly mae'r gofynion a fodelwyd 1.5 gwaith yn fwy na'r dŵr sydd ei angen i ddyfrhau'r cnwd.
- Y gofyniad tynnu dŵr ar gyfer 2020 i sicrhau'r lefel cynnyrch uchaf bosibl ar gyfer tatws prif gnwd oedd 610,000 m³. Roedd Sir Benfro (360,000 m³), Sir Fynwy (160,000 m³) ac Ynys Môn (73,000 m³) yn cyfrif am tua 75% o'r galw am ddŵr ar gyfer tatws prif gnwd a oedd yn adlewyrchu'r gyfran uchel o arwynebedd tyfu tatws yn yr ardaloedd hyn.
- Mewn cymhariaeth, y gofyniad tynnu dŵr yn 2020 ar gyfer pob math o gnwd tatws oedd tua 812,000 m³. Byddai angen y rhan fwyaf o'r dŵr ychwanegol yn Sir Benfro (+101,000 m³) ac Ynys Môn (+49,000 m³), sy'n adlewyrchu'r gyfran uchel o datws cynnar a dyfir yn yr ardaloedd hyn.
- Amcangyfrifwyd mai'r gofyniad tynnu dŵr ar gyfer 2020 i reoli crach tatws (h.y. cynnal SMD ≤ 25 mm) oedd 2.2 miliwn m³.
- Roedd y gofynion tynnu dŵr a ragwelwyd i gynnal y lefelau cynnyrch tatws gorau o dan y senario RCP uchel 2050 a 2080 yn debyg, sef tua 2.5 miliwn m³ - cynnydd o tua 1.7 miliwn m³ o gymharu â senario RCP isel 2020. O blith y prif ardaloedd tyfu tatws, rhagwelwyd mai yn Sir

Benfro y byddai'r cynnydd mwyaf yn y galw am ddŵr dyfrhau (cynnydd o 300%); yna Sir Fynwy (cynnydd o 120%) ac Ynys Môn (cynnydd o 90%).

- Roedd y gofynion dŵr a ragwelwyd i leihau'r risg o grach tatws i'r eithaf hefyd yn debyg o dan senarios RCP uchel 2050 a 2080, ar tua 4 miliwn m³, sef cynnydd o tua 1.75 miliwn m³ o gymharu â senario RCP isel 2020,

14.4.2 Dŵr a dynnir ar gyfer gwenith

- Cyfrifwyd lefel y dŵr y byddai'n rhaid ei dynnu ar gyfer tri chyfnod/senario RCP, h.y. 2020 (isel), 2050 (uchel) a 2080 (uchel). Roedd y gofynion tynnu dŵr a fodelwyd yn seiliedig ar gynnal 1) pridd lôm tywodlyd a 2) priddglai ar hanner cynhwysedd dŵr sydd ar gael wedi'i addasu yn ôl cnwd.
- Roedd y gofyniad tynnu dŵr o dan senario RCP isel 2020 tua 3.5 miliwn m³ ar gyfer y ddau fath o bridd. Roedd Sir Fynwy (1.1 miliwn m³) a Bro Morgannwg (1.1 miliwn m³) yn cyfrif am 61% o gyfanswm y galw am ddyfrhau. O blith y prif ardaloedd tyfu gwenith, yr unig sir nad oedd angen dyfrhau yn 2020 o dan yn senario hwn oedd Powys.
- Y gofyniad tynnu dŵr o dan senarios RCP uchel 2050 a 2080 oedd 10-11 miliwn m³, sef cynnydd triphlyg o gymharu â gofyniad 2020. Roedd Sir Fynwy, Bro Morgannwg, Sir Benfro a Wrecsam yn cyfrif am 70% o'r gofyniad dŵr. Rhagwelwyd mai yn Sir Fynwy (+1.4 miliwn m³) a Sir Benfro (+1.2 miliwn m³) y byddai'r cynnydd mwyaf yn y gofyniad dŵr (rhwng 2020 a 2080).

14.4.3 Cyffredinol

- Yn 2020, yn seiliedig ar y senarios â'r galw mwyaf am ddŵr, cyfanswm y dŵr a dynnir yw 6 miliwn m³. Mewn cymhariaeth, mae'r galw presennol am ddŵr ar gyfer gwartheg yng Nghymru tua 18.3 miliwn m³ (sy'n cynyddu i tua 30 miliwn m³ os cynhwysir mathau eraill o dda byw). Felly, yn 2020, mae'r galw i dynnu dŵr at ddibenion dyfrhau yn 33% o'r dŵr a ddefnyddiwyd ar gyfer gwartheg, neu 20% o gyfanswm y dŵr a ddefnyddir ar gyfer da byw. Er y bydd y galw am ddŵr dyfrhau yn tyfu yn y dyfodol, mae hyd yn oed y galw mwyaf o a ragwelwyd ar gyfer gwenith, sef tua 15.5 miliwn m³, yn llai na'r dŵr a ddefnyddir gan wartheg ar hyn o bryd. Noder hefyd, yn seiliedig ar boblogaeth o 3.15 miliwn a defnydd o 150 litr o ddŵr y dydd ar gyfer golchi, yfed coginio ac ati (Llywodraeth Cymru, 2015) amcangyfrifir bod pobl yng Nghymru yn defnyddio 173 miliwn m³ o ddŵr.

15 Cyfeiriadau

- ADAS, (2003). *Irrigation best practice. Water management for field vegetable crops. A guide for vegetable growers*. Adran yr Amgylchedd, Bwyd a Materion Gwledig.
- ADAS, TAG (y Grŵp Cnydau Âr) a Chyngor Tatws Prydain (2005). *Arferion gorau ar gyfer dyfrhau. Water management for potatoes. A guide for growers*. Adran yr Amgylchedd, Bwyd a Materion Gwledig.
- ADAS, (2007). *Irrigation best practice. A water management toolkit for field crop growers*. Adran yr Amgylchedd, Bwyd a Materion Gwledig.
- ADAS, (2012). *Sustainable water for livestock*. Cod prosiect Defra: WU0132
- ADAS a Phrifysgol Cranfield (2014) *On-farm reservoir storage*.
<http://web1.adas.co.uk/cranfield/Documents/On%20farm%20reservoir%20storagev2.pdf>
- AHDB (2013). *Growing for the future. An environmental roadmap for the UK cereals and oilseeds industry*. Bwrdd Datblygu Amaethyddiaeth a Garddwriaeth.
- AHDB (2019). *Establishing a resilient water supply*. Taflen ffeithiau 06/19. Bwrdd Datblygu Amaethyddiaeth a Garddwriaeth.
- Aliche, E.B., Oortwijn, M., Theeuwens, T.P.J.M., Bachem, C.W.B., Visser, R.G.F. a van der Linden, C.G. (2018). Drought response in field grown potatoes and the interactions between canopy growth and yield. *Agricultural Water Management*. 206, 20-30.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. a Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*. Papur Rhif 56 FAO ar Ddyfrhau a Draenio.
- ASC (2016). *UK Climate Change Risk Assessment 2017 Evidence Report – Summary for Wales*. Is-bwyllgor Addasu'r Pwyllgor ar Newid yn yr Hinsawdd, Llundain.
- Bailey, R. (Gol.) (1990). *Irrigated crops and their management*. Farming Press, Ipswich, UK, 192 p.
- Bond, W.J. a Keeley, J.E. (2005). Fire as a global herbivore: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*. 20, 387-394.
- Bond, W.J., Woodward, F.I. a Midgley, G.F. (2005). The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*. 165, 525-538.
- Brown, I., Thompson, D., Bardgett, R., Berry, P., Crute, I., Morison, J., Morecroft, M., Pinnegar, J., Reeder, T. a Topp, K. (2016). *UK Climate Change Risk Assessment Evidence Report: Chapter 3, Natural Environment and Natural Assets*. Adroddiad a baratowyd gan Is-bwyllgor Addasu'r Pwyllgor ar Newid Hinsawdd.
- Burnett, D., Barbour, E. a Harrison, G.P. (2014). The UK solar energy resource and the impact of climate change. *Ynni Adnewyddadwy*. 71. 333-343.
- Canadell, J., Jackson, R.B., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A., Sala, O.E. a Schulze, E.D. (1996) Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*. 108, 583-595.
- Craine, J.M., Ocheltree, T.W., Nippert, J.B., Towne, E.G., Skibbe, A.M., Kembel, S.W. a Fargione, J.E. (2013). Global diversity of drought tolerance and grassland climate-change resilience. *Nature Climate Change*. 3, 63-67.
- Daepp, M., Nosberger, J. a Luscher, A. (2001). Nitrogen fertilization and developmental stage alter the response of *Lolium perenne* to elevated CO₂. *New Phytologist*. 150, 347-358

- Deryng, D., Elliott, J., Folberth, C., Muller, C., Pugh, T.A.M., Boote, K.J., Conway, D., Ruane, A.C., Gerten, D., Jones, J.W., Khabarov, N., Olin, S., Schapho, S., Schmid, E., Yang, H. a Rosenzweig, C. (2016). Regional disparities in the beneficial effects of rising CO₂ concentrations on crop water productivity. *Nature Climate Change*. 6, 786-790.
- Earl, H.J. a Davis, R.F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*. 95, 688-696.
- El Chami, D., Knox, J.W., Daccache, A. a Weatherhead, E.K. (2015). The economics of irrigating wheat in a humid climate – A study in the East of England. *Agricultural Systems*, 133, 97-108.
- Asiantaeth yr Amgylchedd (2020). *Meeting our future water needs: a national framework for water resources*. Fersiwn 1. Asiantaeth yr Amgylchedd.
- Gregory, P.J., McGowan, M., Biscoe, P.V. a Hunter, B. (1978). Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. *Journal of Agricultural Science*. 91, 91-102.
- Hlavinka, P., Trnka, M., Semerádová, D., Dubrovský, M., Žalud, Z. a Možný, M. (2009). Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149, 431-442.
- Hodgkinson, L., Dodd, I.C., Binley, A., Ashton, R.W., White, R.P., Watts, C.W. a Whalley, W.R. (2017). Root growth in field-grown winter wheat: Some effects of soil conditions, season and genotype. *European Journal of Agronomy*. 91, 74-83.
- Holding, D.R. a Streich, A.M. (2013). *Plant growth processes: transpiration, photosynthesis and respiration*. Cyhoeddiadau Estyniad Prifysgol Nebraska.
- IGER (2003). *Influence of climate change on the sustainability of grassland systems in England and Wales* (CTE9907) - CC0359. Institute of Grassland and Environmental Research, Okehampton.
- Irmak, S., Odhiambo, L.O., Kranz, W.L., Eisenhauer, D.E. (2011). Irrigation efficiency and uniformity, and crop water use efficiency. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. 451.
- Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Andersen, M.N., Schjoerring, J.K., Thage, J.H. a Koribidis, J. (1996). Leaf photosynthesis and drought adaptation in field-grown oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Australian Journal of Plant Physiology*. 23, 631-644.
- Jägermeyr, J., Gerten, D., Heinke, J., Schaphoff, S., Kummu, M. a Lucht, W. (2015). Water savings potentials of irrigation systems: global simulation of processes and linkages. *Hydrology and Earth System Sciences*. 19, 3073-3091.
- Keay, C.A. a Hannam, J. (2020). *Effaith Newid yn yr Hinsawdd ar Ddosbarthiad Tir Amaethyddol (ALC) yng Nghymru* Rhaglen Galluogrwydd, Addasrwydd a Hinsawdd Llywodraeth Cymru.
- Keay, C.A., Jones, R.J.A., Procter, C., Chapman, V., Barrie, I., Nias, I., Smith, S. ac Astbury, S. (2014). *SP1104 the Impact of climate change on the capability of land for agriculture as defined by the Agricultural Land Classification*. Defra.
- Knox, J., Morris, J. a Hess, T. (2010). Identifying future risks to UK agricultural crop production: putting climate change in context. *Outlook on Agriculture*. 39, 249-256.
- Knox, J., Daccache, A., Weatherhead, K., Groves, S. a Hulin, A. (2013). *Assessment of the impacts of climate change and changes in land use on future water requirement and availability for farming, and opportunities for adaptation*. Adroddiad Technegol Ymchwil a Datblygu Defra FFG1129/TR.
- Knox, J., Kay, M., Holman, I.P. a Hess, T.M. (2020). *Irrigation water strategy for UK agriculture and horticulture*. Cymdeithas Ddyfrhau'r DU

- Leng, G. a Hall, J. (2019). Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future. *Science of the Total Environment*. 654, 811-821.
- Lesk, C., Rowhani, P. a Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 529, 84-87
- Lipiec, J., Doussan, C., Nosalewicz, A. a Kondracka, K. (2013). Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*. 27, 463-477.
- Lobell, D.B. a Field, C.B. (2007). Global scale climate-crop yield relationship and the impact of recent warming. *Environmental Research Letters*. 2, 014002.
- Lowe, J.A., Bernie, D., Bett, P., Bricheno, L., Brown, S., Calvert, D., Clark, R., Eagle, K., Edwards, T., Canfu Fossier, G., Fung, F., Gohar, L., Good, P., Gregory, J., Harris, G., Howard, T., Kaye, N., Kendon, E., Krijnen, J., Maisy, P., McDonald, R., McInnes, R., McSweeney, C., Mitchell, J.F.B., Murphy, J., Palmer, M., Roberts, C., Rostron, J., Sexton, D., Thornton, H., Tinkler, J., Tucker, S., Yamazaki, K. a Belcher, S. (2018). *UKCP18 Science Overview Report*. Tachwedd 2018. Y Swyddfa Feteorolegol.
- MAFF (1988). *Agricultural Land Classification of England and Wales*. Hydref 1988.
- Matiu, M., Ankerst, D.P. a Menzel, A. (2017). Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961–2014. *PLoS One* 12 (5), e0178339.
- Morison, J.I.L., Baker, N.R., Mullineaux, P.M. a Davies, W.J. (2008). Improving water use in crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 363, 639-658.
- Morris, J., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., Vasilieou, K., de Vries, T.T., Freeman, D., Leiva, F.R. a Twite, C. (2004). *Sustainability of European irrigated agriculture under Water Directive and Agenda 2000 (WADI)*. Summary country report: England and Wales. Sefydliad Dŵr a'r Amgylchedd, Prifysgol Cranfield, Silsoe.
- Mugdal, S., Lockwood, S., Ding, H., Velickov, S., Commandeur, T. a Siek, M. (2014). *Soil and water in a changing environment*. Y Comisiwn Ewropeaidd (DG ENV).
- Nano, C.E.M. a Clarke, P.J. (2011). How do drought and fire influence the patterns of re-sprouting in Australian deserts? *Plant Ecology*. 212, 2095-2110.
- Narasimhan, B. a Srinivasan, R. (2005). Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitor. *Agricultural and Forest Meteorology*. 133, 69–88.
- Narayanan, S., Mohan, A., Gill, K.S. a Prasad, P.V.V. (2014). Variability of root traits in spring wheat germplasm. *PLOS ONE* 9(6): e100317. doi:10.1371/journal.pone.0100317
- Ozturk, A. ac Aydin, F. (2004). Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 190, 93–99.
- Qi, A., Holland, R.A., Taylor, G. a Richter, G.M. (2018). Grassland futures in Great Britain - productivity assessment and scenarios for land use change opportunities. *Science of the Total Environment*. 634, 1108-1118.
- Quiroz, R., Chujoy, E. a Mares, V. (2012). *Potato*. Yn: Steduto, P., Hsia, T., Fereres, E. a Raes, D. (Golygyddion). Crop yield response to water. Papur Rhif 66 FAO ar Ddyfrhau a Draenio.
- Rounsevell, M.D.A. (1993). A review of soil workability models and their limitations in temperate regions. *Soil Use and Management*. 9, 15-2
- Stalham, M. (2018). *Seasonal water management for potatoes*. Bwrdd Datblygu Amaethyddiaeth a Garddwriaeth.

- St. Clair, S.B., Sudderth, E.A., Fischer, M.L., Torn, M.S., Stuart, S.A., Salve, R., Eggetts, D.L. & Ackerly, D.D. (2009). Soil drying and nitrogen availability modulate carbon and water exchange over a range of annual precipitation totals and grassland vegetation types. *Global Change Biology*. 15, 3018-3030.
- Tester, M. & Bacic, A. (2005). Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. *Plant Physiology*. 137, 791-793.
- Thomas, B., Collier, R. & Green, L. (2010). *Climate change impacts and adaptation – a risk-based approach*. Atodiad 1. Impact of climate change on grassland. Defra Project AC0310.
- Tomasek, B.J., Williams, M.M. & Davies, A.D. (2017). Changes in field workability and drought risk from projected climate change drive spatially variable risks in Illinois cropping systems. *PLOS ONE*, 12 e0172301.
- Vadez, V., Berger, J.D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K.P.C., Gaur, P.M., Munier-Jolain, N., Larmure, A., Voisin, A.S., Sharma, H.C., Pande, S., Sharma, M., Krishnamurthy, L., & Zaman, M.A. (2012). Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 32, 31-44.
- Vadez, V., Kholova, J., Choudhary, S., Zindy, P., Terrier, M., Krishnamurth, L., Kumar, P.R., & Turner, N.C. (2011). *Chapter 5.2: Responses to increased moisture stress and extremes. Whole plant response to drought under climate change*. In: Yadav, S.S. Redden, R.J., Hatfield, J. L. Lotze-Campen, H. & Hall, A.E. (Golygyddion) Crop adaptation to climate change. Wiley-Blackwell.
- Vicente-Serrano, S.M., Gouveia, C., Camarero, J.J., Beguería, S., Trigo, R., López-Moreno, J., AzorínMolina, C., Pasho, E., Lorenzo-Lacruz, J., Revuelto, J., Morán-Tejeda, E. & Sanchez-Lorenzo, A. (2012). Response of vegetation to drought timescales across global land biomes *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110, 52-57.
- Wahid A., Gelani S., Ashraf M., & Foolad M.R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*. 61, 199-223
- Watts, G., Jenkins, A., Hess, T., Humble, A., Olbert, C., Kay, M., Pope, V., Stannard, T., Storey, M., Meacham, T., Benton, T. & Noble, A. (2015). *Agriculture's impact on water availability, Farming and Water 2*. The UK Water Partnership and Global Food Security.
- Weatherhead, K., Knox, J., Hess, T. & Daccache, A. (2015). Exploring irrigation futures. Developments in demand forecasting. *Outlook on Agriculture*. 44, 119-126.
- Llywodraeth Cymru (2015). *Strategaeth ddŵr i Gymru. Cefnogi'r broses o reoli ein hadnoddau naturiol yn gynaliadwy* Llywodraeth Cymru.
- Llywodraeth Cymru, (2018). *Ystadegau amaethyddol Cymru 2016*. Llywodraeth Cymru.
- White, C.A., Sylvester-Bradley, R. & Berry, P.M. (2015). Root length densities of UK wheat and oilseed rape crops with implications for water capture and yield. *Journal of Experimental Botany*. 66, 2293-2303.
- Yan, W., Zhong, Y. & Shangguan, Z. (2016). A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought. *Scientific Reports*. 6:20917.
- Zdruli, P., Jones, R.J.A. & Montanarella, L. (2001). Use of soil and climate data to assess the risk of agricultural drought for policy support in Europe. *Agronomie*. 21, 45-56.
- Zipper, S.C., Qiu, J. & Kucharik, C.J. (2016). Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes. *Environmental Research Letters*. 11, 094021.