

Tywyn Niwbwrch

Beth sy'n Digwydd i'r Dŵr o Dan y Twyni?

Astudiaeth dŵr daear 21 mlynedd ar un o safleoedd twyni tywod arfordirol pwysicaf Cymru

Hollingham, M. (2026). *Hydrogeological Dynamics, Behavioural Clustering and Management Intervention Analysis at Newborough Warren Coastal Sand Dune Aquifer, Wales*. Draft, Mawrth 2026.

Prosiect: github.com/newbroman/Newborough_Hydrology

Offer gwe (gwylwr senarios, rhagolygydd llifogydd): newbroman.github.io/Newborough_Hydrology

Cyswllt: martin.hollingham+nrg@gmail.com | ORCID: 0000-0003-0253-9301

Y safle

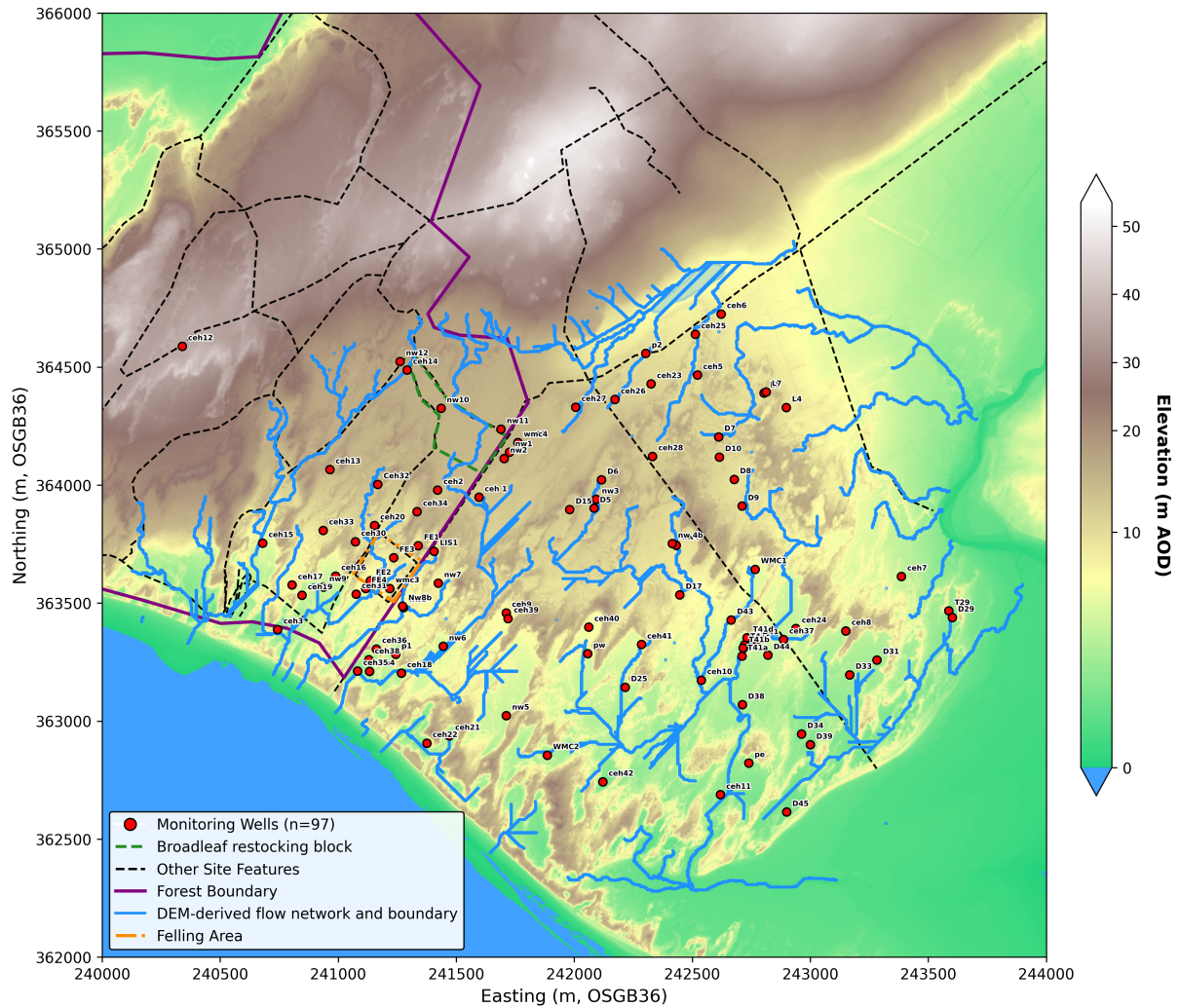
Mae Tywyn Niwbwrch ar ben deheuol Ynys Môn, yn ymestyn dros tua 1,300 hectar o dwyni tywod, gwlyptiroedd a phlanhigfa gonifferaidd. Mae wedi'i ddynodi'n Ardal Cadwraeth Arbennig (ACA) — un o'r systemau twyni arfordirol pwysicaf yng Nghymru.

Mae'r safle'n gartref i gymunedau planhigion prin a elwir yn *llaciau twyni*: pantiau isel rhwng y twyni lle mae dŵr daear yn codi'n agos at yr wyneb bob gaeaf, gan greu gwlyptiroedd tymhorol sy'n cynnal helygen ymlusgol, tegeirianau ac amrywiaeth gyfoethog o infertebratau gwlyptir.

Mae goroesiad y cynefinoedd hyn yn dibynnu'n llwyr ar ddŵr daear. Os yw lefel y dŵr yn rhy isel yn yr haf, mae'r cymunedau planhigion sy'n diffinio llaciau twyni yn newid yn anwrthdroadwy tuag at laswelltir sychach. Mae'r gwahaniaeth rhwng llac gwlyb ffyniannus a llac sych dirywiol yn rhyfeddol o fach — dim ond **37 centimetr** o ddyfnder lefel dŵr yn yr haf.

Plannwyd rhan helaeth o'r twyni gogleddol â phinwydd Corsica rhwng 1948 a 1965. Mae'r blanhigfa hon yn rhyng-gipio tua chwarter y glawiad sy'n disgyn cyn iddo gyrraedd y ddaear, gan leihau faint o ddŵr sy'n ail-lenwi'r dyfrhaen oddi tano.

Figure 1: Site Topography and Hydrogeological Features



Ffigur 1. Trosolwg o'r safle yn dangos topograffeg Tywyn Niwbwrch, y rhwydwaith monitro o 97 ffynnon, ffin y goedwig (magenta), yr ardal gwympto 2017 (oren), a'r rhwydwaith draenio.

Yr astudiaeth

Monitrais 89 ffynnon ar draws y safle am 21 mlynedd (2005–2026), gan fesur lefelau dŵr yn fisol gydag offerynnau llaw syml a elwir yn dipwells. Ynghyd â data glawiad a thymheredd cyhoeddus o orsaf dywydd gyfagos, dadansoddwyd y rhwydwaith hwn gan ddefnyddio piblinell ddata 26 cam i ddeall sut mae'r system dŵr daear yn gweithio, sut mae'n newid, a beth all rheolaeth ei gyflawni'n realistig.

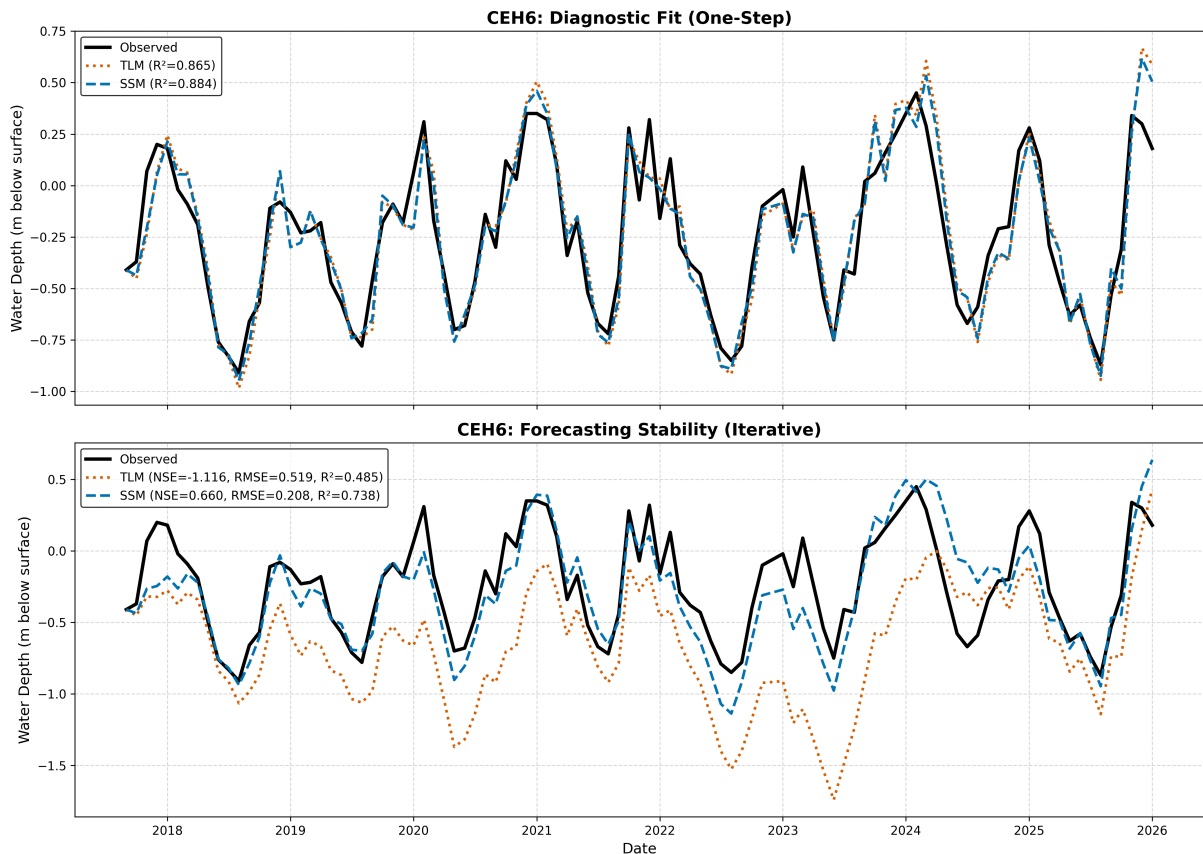
Cynlluniwyd y dull yn fwriadol i fod yn gost-isel ac yn atgynhyrchadwy — dim offer arbenigol, dim telemetreg, dim dadansoddiad labordy — fel y gellid ei ailadrodd mewn safleoedd twyni arfordirol eraill sy'n wynebu heriau tebyg.

Sut mae'r model yn gweithio

Wrth wraidd y dadansoddiad mae hafaliad cydbwysedd dŵr syml wedi'i ffitio'n annibynnol ym mhob ffynnon. Bob mis, eglurir y newid yn lefel y dŵr gan dri grym cystadleuol: **glawiad** yn

gwthio'r lefel i fyny, **anweddiad** yn ei thynnu i lawr, a **draeniad** yn cario dŵr yn ochrol tuag at yr arfordir neu'r llyn. Mae'r model yn amcangyfrif cryfder pob grym ar gyfer pob ffynnon, gan gynhyrchu tri chyfernod sy'n diffinio sut mae'r rhan honno o'r dyfrhaen yn ymddwyn. Grwpir ffynhonnau â chyfernodau tebyg yn barthau.

Meincnodwyd y model gofod cyflwr (SSM) hwn yn erbyn dull ffwythiant trosglwyddo symlach sy'n brin o'r term draeniad adborth. Mae Ffigur 2 yn dangos y ddau fodel yn erbyn lefelau dŵr go iawn yn CEH6. Wrth ragweld ymlaen, mae'r SSM yn cynnal cylchredau tymhorol realistig (NSE = 0.66) tra bod y ffwythiant trosglwyddo yn dargyfeirio (NSE = -1.1). Y term draeniad sy'n atal y model rhag drifftio.



Ffigur 2. Meincnodi model yn CEH6 (clwstwr Twyni). Uchod: ffitiad diagnostig un cam. Isod: rhagweld ailadroddol gan ddefnyddio gorfodaeth hinsawdd yn unig — mae'r SSM (glas) yn cynnal osgled realistig tra bod y ffwythiant trosglwyddo (oren) yn dargyfeirio'n raddol.

Hafaliadau rhagfynegi tymhorol

Ochr yn ochr â'r SSM misol, ffitiwyd pâr o hafaliadau rhagfynegi tymhorol ar gyfer pob parth. Mae **hafaliad y gaeaf** yn rhagfynegi'r brig lefel dŵr gaeafol o lawiad cronol y gaeaf a'r isafswm haf blaenorol. Mae **hafaliad yr haf** yn rhagfynegi'r isafswm haf o lawiad cronol yr haf a'r brig gaeafol blaenorol. Gyda'i gilydd mae'r rhain yn dal cof y dyfrhaen: pa mor ddwfn oedd y sychder haf yn pennu faint o law gaeaf sydd ei angen i ail-lenwi.

Trothwyon glawiad critigol

Oherwydd bod yr hafaliad yn gydbwysedd màs ffisegol, gellir ei redeg ymlaen: o gael lefel dŵr haf hysbys a rhagolwg o lawiad y gaeaf, mae'r model yn cyfrifo a fydd lefel y dŵr yn codi'n

ddigon uchel i orlifo llac penodol. Mae hyn yn cynhyrchu **trothwy glawiad critigol** ar gyfer pob ffynnon — faint o law gaeaf sydd ei angen, wedi'i fynegi fel lluosrif (λ) o'r cyfartaledd hirdymor. Mae ffynhonnau lle mae λ yn fwy na 2.0 yn cael eu dosbarthu fel rhai strwythurol anghyraeddadwy o dan unrhyw aeaf yn y cofnod 95 mlynedd.

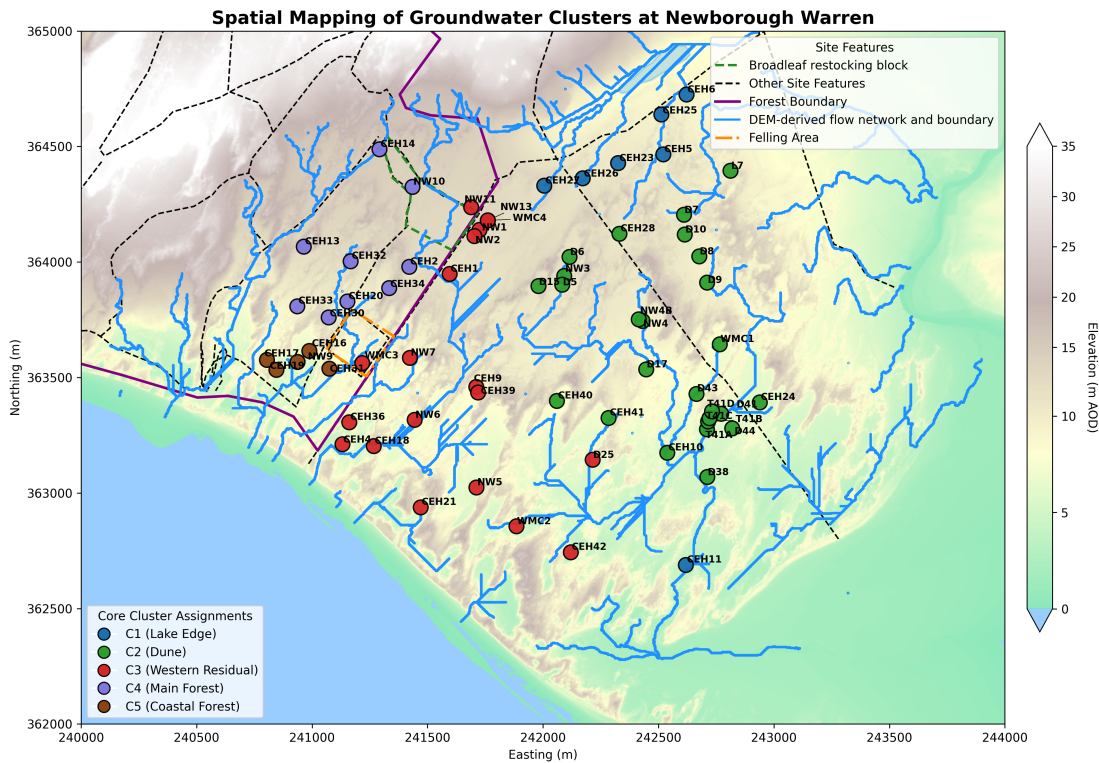
Mae'r hafaliadau hyn wedi'u hymgorffori mewn offeryn gwe rhyngweithiol (y *gwylwr senarios*) sy'n caniatáu i reolwyr safle archwilio sut y byddai gwahanol gamau rheoli — cwympo coed, teneuo, trosi i goed llydanddail, crafu twyni — a senarios hinsawdd y dyfodol yn symud lefelau dŵr ar draws y safle cyfan. Mae *rhagolygydd llifogydd* cydymaith yn trosi un darlleniad dipwell yn debygolrwydd o orlifo gaeafol, wedi'i ddiweddarau wrth i'r tymor fynd rhagddo.

Pum parth dŵr daear gwahanol

Nododd y dadansoddiad bum parth gwahanol ar draws y safle, pob un yn ymddwyn yn wahanol yn dibynnu ar ei ddaeareg, ei safle a'i orchudd tir:

- **C1 — Ymyl y Llyn (bloc dwyreiniol):** Lefel dŵr bas, yn ymateb yn gyflym i lawiad, yn draenio'n gyflym. Y agosaf at y pwynt tyngedfennol ecolegol.
- **C2 — Twyni (bloc dwyreiniol):** Twyni agored aeddfed, ymateb cymedrol i lawiad.
- **C3 — Gweddilliol Gorllewinol:** Yn gweithredu fel byffer dwfn — arafach i ymateb, yn dal dŵr yn hirach.
- **C4 — Prif Goedwig:** Planhigfa binwydd ar bridd tenau uwchben y graig waelodol. Mae'r coed yn rhyng-gipio glaw a'r swbstrad bas yn dwysáu sychu'r haf.
- **C5 — Coedwig Arfordirol:** Planhigfa binwydd ar dywod arfordirol dyfnach. Yn dangos y dirywiad cyflymaf yn lefel y dŵr o unrhyw barth — bron bedair gwaith yn gyflymach na'r nesaf gwaethaf.

Canfyddiad allweddol yw mai trwch y tywod o dan bob ardal — nid y coed uwchben — sy'n rheoli pa mor ddifrifol y mae anweddiad yn gostwng lefel y dŵr yn yr haf. O fewn y parth coedwig, mae uchder y ddaear yn unig yn egluro 95% o'r amrywiad yn yr effaith sychu hon.



Figur 3. Mapio gofodol y pum clwstwr dŵr daear. C1 Ymyl y Llyn (glas), C2 Twyni (gwyrdd), C3 Gweddilliol Gorllewinol (coch), C4 Prif Goedwig (porffor), C5 Coedwig Arfordirol (brown).

Sut mae'r pum parth yn cymharu

Mae'r tabl isod yn crynhoi nodweddion allweddol pob parth dŵr daear. Mae'r tri chyfernod yn baramedrau model di-ddimensiwn — mae gwerthoedd mwy yn golygu effaith gryfach.

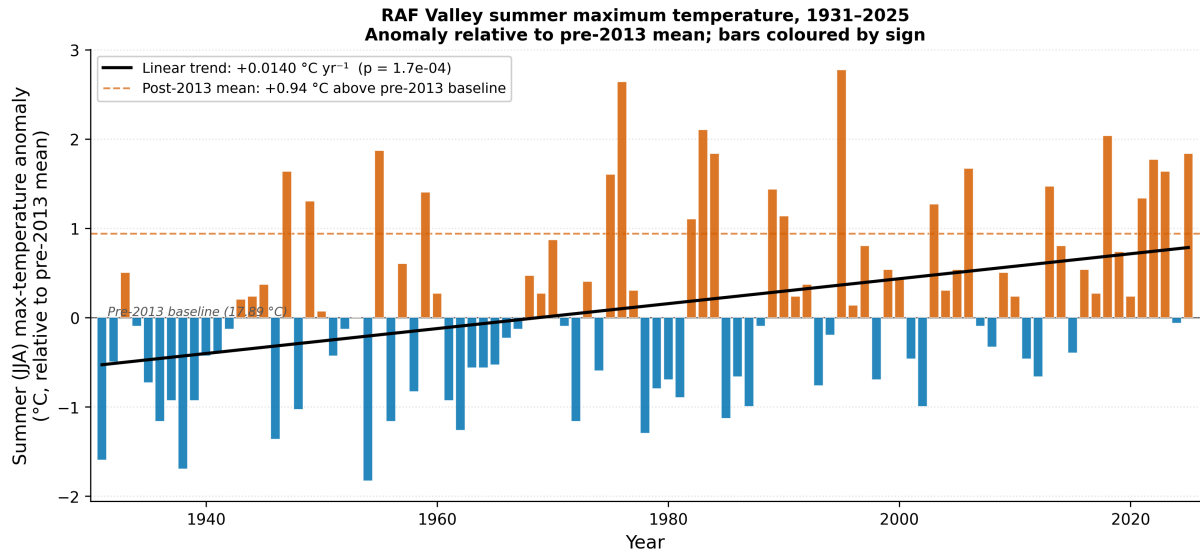
Parth	Nodwedd	Sensitifrwydd ail-lenwi (di-ddimensiwn)	Tyniad anweddol (di-ddimensiwn)	Cyfradd draenio (mis^{-1})	Cyfran ganopi (%)
C1 Ymyl y Llyn	Bas, draenio cyflym, agos at y trothwy	4.58 (uchaf)	0.96 (isaf)	0.090 (cyflymaf)	22%
C2 Twyni	Twyni agored aeddfed, ymateb cymedrol	3.87	1.74	0.063	26%
C3 Gorllewinol	Byffer dwfn, ymateb araf	3.58	1.81	0.060	28%
C4 Prif Goedwig	Pinwydd ar swbstrad tenau uwchben y graig	2.52 (isaf)	2.50 (uchaf)	0.021 (arafaf)	40%
C5 Coedwig Arfordirol	Pinwydd ar dywod arfordirol dyfnach; dirywiad cyflymaf	2.44	1.37	0.045	41%

Tabl 1. Crynodeb o'r pum parth dŵr daear. Mae sensitifrwydd ail-lenwi uwch yn golygu ymateb cryfach i lawiad. Mae tyniad anweddol uwch yn golygu sychu haf mwy difrifol. Mae cyfran ganopi uwch yn golygu mwy o lawiad yn cael ei ryng-gipio gan goed.

Y canfyddiad canolog: yr haf sy'n bwysig

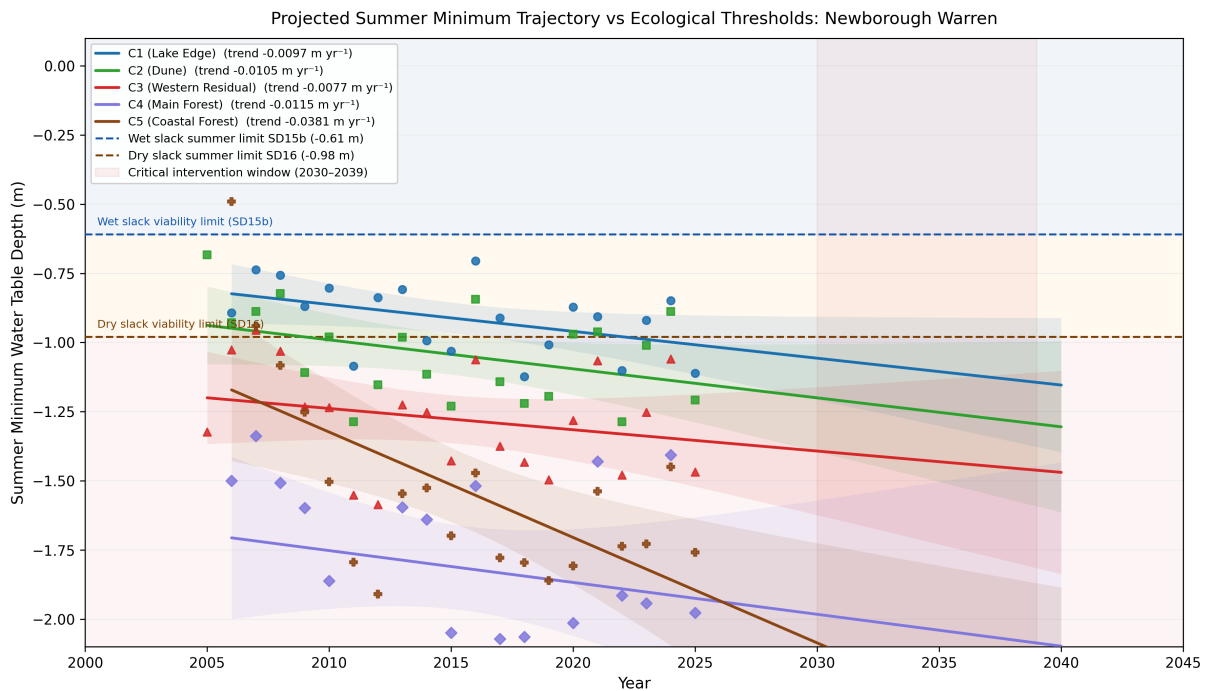
Mae'r farn gonfensiynol yn tybio mai glawiad y gaeaf sy'n llenwi llaciau twyni. Canfu'r astudiaeth hon y gwrthwyneb: yr *isafswm haf* yn lefel y dŵr sy'n pennu a fydd llac yn gorlifo'r gaeaf canlynol. Os yw lefel y dŵr yn gostwng yn rhy isel yn ystod yr haf, ni all unrhyw lawiad gaeaf realistig ail-lenwi'r diffyg.

Mae hyn yn bwysig oherwydd bod hafau'n cynhesu. Ers 2013, mae tymereddau haf yn y safle wedi bod bron 1°C uwchben y cyfartaledd hirdymor, gan gynyddu anweddïad a dyfnhau'r sychder haf.



Figur 4. Anomaledd tymheredd haf yng Ngorsaf Dywydd Dyffryn RAF, 1931–2025. Bariau oren = blynyddoedd cynhesach; bariau glas = oerach. Llinell oren doredig = cyfartaledd ôl-2013: +0.94°C uwchben y llinell sylfaen.

Mae lefel y dŵr wedi bod yn gostwng ym mhob un o'r pum parth, gyda'r duedd fwyaf difrifol yn y parthau Ymyl y Llyn a Choedwig Arfordirol. Ar gyfraddau presennol, rhagwelir y bydd parth Ymyl y Llyn — lle mae llawer o'r llaciau mwyaf gwerthfawr — yn croesi'r trothwy ar gyfer cynefin llac hyfyw tua **2030–2032**.



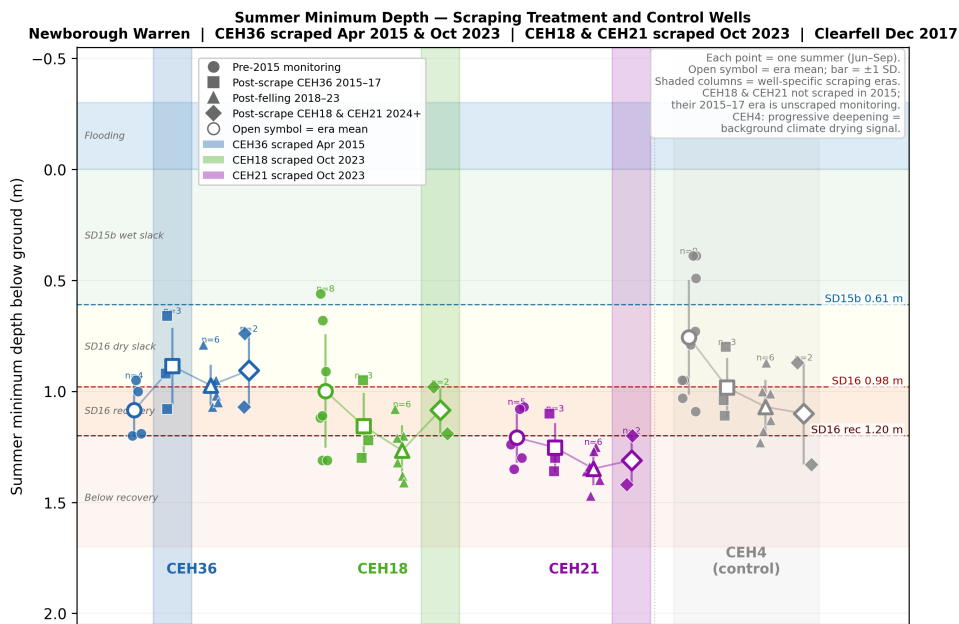
Figur 5. Llwybr rhagamcanol isafswm haf lefel y dŵr. Llinell doredig las = trothwy llac gwlyb (-0.61 m); llinell doredig frown = trothwy llac sych (-0.98 m). Band melyn = ffenestr ymyrraeth gritigol (2030–2039).

Pa reolaeth sydd wedi'i threialu

Crafu twyni

Mae crafu twyni yn golygu cael gwared ar haen uchaf y tywod yn fecanyddol i ddod ag wyneb y ddaear yn nes at lefel y dŵr. Mewn un ffynnon (CEH36), cydgyfeiriodd tair dull annibynnol ar fudd crafu o 80–140 mm, gyda symudiad isafswm haf paredig o +195 mm — mwy na hanner y graddiant ecolegol critigol o 37 cm. Mae'r budd yn geometrig (gostwng parhaol yn wyneb y ddaear), gan gadw tua 68% o ddyfnder y crafiad fel gwelliant hirdymor.

Fodd bynnag, dim ond lle caiff ei osod yn gywir o fewn y tirwedd y mae crafu'n gweithio. Mewn lleoliadau mwy arfordirol (CEH18 a CEH21), cafodd y budd ei drechu gan broblem ar wahân: mae'r arfordir ei hun yn encilio, sy'n gostwng lefel y dŵr o'r ymyl tua'r tir.



Ffigur 6. Dyfnder isafswm haf yn y tair ffynnon a grafwyd a rheolydd (CEH4). Mae CEH36 (glas) yn dangos symudiad clir i fyny ar ôl crafu yn 2015. CEH18 a CEH21 (gwyrd a phorffor) a grafwyd yn 2023 — ymateb cyfyngedig. CEH4 (llwyd) = duedd sychu hinsawdd.

Mae'r astudiaeth yn argymhell targedu crafu mewn safleoedd trosiannol mewndirol yn y parthau C1, C2 a C3 lle mae gwaelod y dyrhaen yn sefydlog a'r trothwyon glawiad ar gyfer gorlifo gaeafol yn dal yn gyraeddadwy.

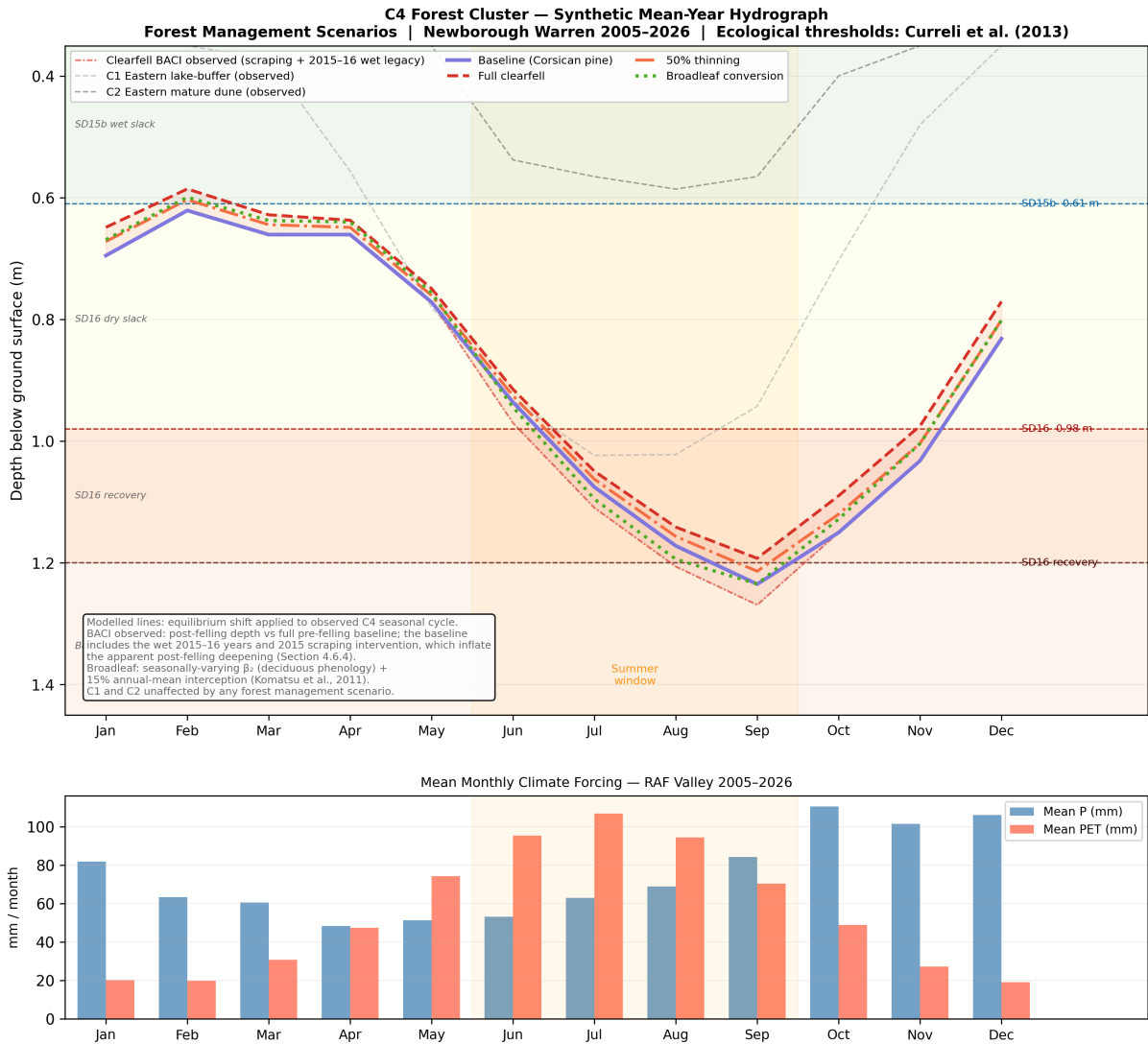
Cwmpo coed

Ym mis Rhagfyr 2017, cwmpwyd tua 8 hectar o binwydd Corsica fel arbrawf rheoli. Defnyddiodd yr astudiaeth gynllun arbrolf pum haen trylwyr gyda 17 ffynnon a thri grŵp rheoli annibynnol i brofi a oedd cael gwared â'r coed yn codi lefel y dŵr.

Roedd y canlyniad yn gynnil. Wrth gymharu ffynhonnau a gwmpwyd â choedwig heb ei chwmpo — y prawf mwyaf uniongyrchol — canfu'r dadansoddiad **godiad ystadegol arwyddocaol yn lefelau dŵr misol cyfartalog** o tua +93 mm yn y ffynnon effaith graidd a +153 mm ar ymyl y goedwig. Fodd bynnag, **ni ddangosodd dyfnderoedd isafswm haf** — y

metrig sy'n pennu a yw llaciau twyni'n goroesi — unrhyw welliant cyfatebol. Cododd y cwmpo lefelau dŵr cyfartalog ond ni allai oresgyn y colled gyfredol mewn effeithlonrwydd ail-lenwi yn ystod misoedd yr haf pan fo hynny'n bwysicaf.

Mae'r dadansoddiad yn awgrymu bod canopi'r goedwig yn gweithredu fel *sinc* (rhyng-gipio glaw) ac fel *byffer* (cysgodi'r ddaear rhag anweddiad uniongyrchol yn yr haf). Mae cael gwared â'r canopi yn adfer rhywfaint o'r ail-lenwi gaeafol ond ar yr un pryd yn datgelu'r pridd i fwy o sychu haf, ac mae'r ddwy effaith yn canslo'i gilydd fwy neu lai.



Ffigur 7. Cylchred lefel dŵr tymhorol ym Mharth y Brif Goedwig (C4). Llinell sylfaen bresennol (glas) ochr yn ochr â senarios: cwmpo llwyr (coch), teneuo 50% (oren), trosi i goed llydanddail (gwynedd). Bandiau trothwy ecolegol a phatrwm tymhorol glawiad/anweddiad isod.

Yn hollbwysig, nid yw newidiadau i'r goedwig yn lledaenu i'r llaciau twyni agored lle mae'r angen ecolegol mwyaf. Mae'r goedwig a'r twyni agored yn gweithredu fel systemau dŵr daear sy'n annibynnol i raddau helaeth.

Dirywiad mewn effeithlonrwydd ail-lenwi

Efallai mai'r canfyddiad mwyaf pryderus yw dirywiad ar draws y safle cyfan mewn *effeithlonrwydd ail-lenwi* — y gyfran o lawiad sy'n cyrraedd lefel y dŵr mewn gwirionedd. Y dirywiad hwn yw'r ymgeisydd cryfaf am y mecanwaith sy'n gyrru'r dirywiad a welir yn isafswm haf ar draws y rhwydwaith monitro cyfan. Mae'n effeithio ar bob un o'r pum parth yn gyfartal, p'un a ydynt yn goediog neu'n agored, wedi'u crafu neu heb eu cyffwrdd, ac mae'n gweithredu'n annibynnol ar orchudd canopi. Mae'n gyson â phatrymau glawiad sy'n newid (llai o ddigwyddiadau gwlychu parhaus, mwy o stormydd dwys ond byr sy'n llifo i ffwrdd yn hytrach na threiddio) ac mae'n cynrychioli tuedd a yrrir gan yr hinsawdd na all unrhyw ymyriad rheoli ar y safle fynd i'r afael ag ef.

Erydiad arfordirol: bygythiad cudd ac oedi

Mae'r arfordir yn Niwbwrch yn encilio. Wrth i'r traeth erydu, mae'r dyfrhaen yn colli cyfaint ar ei hymyl tua'r môr, ac mae lefel y dŵr yn addasu tuag i lawr. Oherwydd bod dŵr daear yn symud yn araf drwy dywod, mae effeithiau erydiad arfordirol yn cymryd blynyddoedd i ledaenu tua'r tir — sy'n golygu bod y dirywiad sy'n weladwy yn nata monitro heddiw yn adlewyrchu erydiad a ddigwyddodd flynyddoedd yn ôl. Os yw'r gyfradd encilio yn cyflymu, nid yw'r canlyniadau gwaethaf wedi cyrraedd y ffynhonnau mewnol eto.

Mae dwy ffynnon reoli ar bellteroedd gwahanol o'r arfordir ill dwy yn dirywio mewn patrwm sy'n gyson ag enciliad arfordirol cynyddol, yn annibynnol ar unrhyw weithred rheoli. Efallai y bydd angen enciliad wedi'i reoli ar laciau ymyl yr arfordir yn hytrach nag adfer topograffig dro ar ôl tro.

Beth mae hyn yn ei olygu ar gyfer y dyfodol

Mae casgliadau'r astudiaeth yn sobr ond yn glir:

1. **Mae'r ffenestr ar gyfer ymyriad effeithiol yn gyfyngedig** — wedi'i mesur mewn tua un i ddau ddegawd yn y safleoedd mwyaf bregus.
2. **Crafu twyni wedi'i dargedu mewn safleoedd mewndirol a ddewiswyd yn ofalus** yw'r ymyriad uniongyrchol mwyaf effeithiol sydd ar gael, ond mae ei fuddion yn cael eu herydu dros amser gan y duedd hinsawdd gefndirol.
3. **Mae'n annhebygol y bydd cwympo coed ar raddfa fawr yn codi lefelau dŵr yn ystyrion** yn yr ardaloedd twyni agored lle mae'r cynefin dan y bygythiad mwyaf. Mae'r dystiolaeth yn cefnogi cadw gorchudd coedwig tra'n rheoli dwysedd y canopi i adfer y gosb rhyng-gipio glawiad yn rhannol heb gollir budd byfferio haf.
4. **Newid hinsawdd yw'r cyfyngiad sy'n rhwymo.** Mae tymereddau haf cynyddol, effeithlonrwydd ail-lenwi sy'n dirywio ac erydiad arfordirol i gyd yn gweithredu i'r un cyfeiriad, ac ni ellir mynd i'r afael â'r un ohonynt drwy reolaeth cynefinoedd ar y safle yn unig.
5. **Mae monitro parhaus yn hanfodol.** Mae'r offer rhagfynegi a ddatblygwyd yn yr astudiaeth hon — gan gynnwys hafaliadau trothwy glawiad critigol a system ragweld ryngweithiol — yn rhoi'r gallu i reolwyr safle olrhain a yw amodau ar y trywydd i groesi trothwyon ecolegol, a blaenoriaethu ymyriadau lle gallant wneud gwahaniaeth o hyd.